

INFORME DEL PROYECTO DOCENTE **ID2016/238**

“*Seminarios Integrados de Matemática Aplicada y Estadística (MAE) y las asignaturas del área de Química Física: (Fisicoquímica I (FQI), Fisicoquímica II (FQII), Técnicas Instrumentales (TI) y Biofísica (BF)) del Grado de Farmacia*”

Dirección: Margarita Valero Juan

Realización: Rosa Amanda Sepúlveda Correa
Margarita Valero Juan
Licesio J. Rodríguez Hernández

Justificación del Proyecto

Proyectos docentes anteriores centraron el interés en conocer la relación entre el nivel en matemáticas, física y química en los estudiantes de nuevo ingreso y el rendimiento académico en el primer curso del Grado. Los resultados, ponen de manifiesto, de manera clara, que el nivel de matemáticas determina significativamente la nota obtenida por los estudiantes en las asignaturas del área de Química Física.

Objetivos

En base a las consideraciones anteriores, el objetivo del presente proyecto era la Organización, Preparación y Realización de Seminarios Conjuntos (Integrados) para las asignaturas del Grado de Farmacia: Matemática Aplicada y Estadística (MAE) y las asignaturas impartidas en el Departamento de Fisicoquímica: Fisicoquímica I (FQI), Fisicoquímica II (FQII), Técnicas Instrumentales (TI) y Biofísica (BF), del Grado en Farmacia.

Resultados

Se han llevado a cabo reuniones quincenales durante los meses de Septiembre a Diciembre y Enero a Abril.

En las reuniones de manera sistemática,

(1) Inicialmente se han revisado los temarios de las diferentes asignaturas a impartir en ambas áreas de conocimiento, Matemáticas y Fisicoquímica, en el correspondiente cuatrimestre.

(2) Se han identificado las partes en las que ambas materias se relacionan.

(3) Se ha elaborado material conjunto en dos direcciones:

3.1. Se han desarrollado ejemplos prácticos relacionados con conceptos Fisicoquímicos para aplicar los cálculos y conocimientos incluidos en los temarios de Matemáticas.

3.2. Se han revisado los modelos matemáticos utilizados en las asignaturas del área de Fisicoquímica, revisando la nomenclatura, conceptos y limitaciones de los modelos, que en muchas ocasiones son confusos, incluso en los textos especializados.

3.1. Seminarios de MAE en los que los conceptos matemáticos se aplican a la resolución de problemas Fisicoquímicos

En el temario de Matemática Aplicada y Estadística (MAE), en los *Temas 3 y 5*, correspondientes al estudio de las funciones *derivadas, integrales y ecuaciones diferenciales*, se han incluido actividades a realizar en los seminarios, dedicadas a la aplicación de estas funciones a la resolución de *ecuaciones de estado de los gases y funciones termodinámicas*, aspectos incluidos en el *Módulo 1: Termodinámica aplicada a la química y disoluciones*, del temario de la asignatura *Física Aplicada y Fisicoquímica I* (asignatura de primer cuatrimestre).

También se han aplicado estos conceptos matemáticos al desarrollo de *ecuaciones cinéticas* de diferentes órdenes y tipos de reacciones Incluidas en el *Módulo 1:*

Cinética química y fenómenos de transporte del temario de la asignatura *Física Aplicada y Fisicoquímica II* (de segundo cuatrimestre).

Tema 3 - Introducción a las funciones de varias variables. Derivadas parciales y diferencial.

3. De acuerdo a la ecuación de estado de un gas ideal, la presión (P), temperatura (T) y volumen de un gas (V), están relacionados por la ecuación,

$$P = \frac{nRT}{V}$$

donde $R = 0.08206 \frac{L \cdot atm}{K \cdot mol}$ es la constante de los gases ideales y n son los moles de gas. Suponga que $n = 2$ mol.

- a) Encuentre la razón de cambio instantáneo de la presión con respecto a la temperatura, cuando la temperatura es de $333^\circ K$ y el volumen permanece constante en 500 cm^3 .
 - b) Encuentre la razón de cambio instantáneo de la presión con respecto al volumen, si el volumen es de 500 cm^3 y la temperatura permanece constante a $333^\circ K$.
2. La entropía, S , de una gas monoatómico que se calienta a presión constante está dada por:

$$S = \frac{3}{2}R \ln T + R \ln V + a$$

donde R y a son constantes, T es la temperatura absoluta y V es el volumen. Calcule:

$$\frac{\partial S}{\partial V}, \quad \frac{\partial S}{\partial T}, \quad \frac{\partial^2 S}{\partial V^2}, \quad \frac{\partial^2 S}{\partial T^2}, \quad \frac{\partial^2 S}{\partial T \partial V}, \quad \frac{\partial^2 S}{\partial V \partial T}$$

3. Considere $PV = RT$ y $S = \frac{3}{2}R \ln T + R \ln V + a$, donde R y a son constantes, P es la presión, T es la temperatura absoluta, V es el volumen y S la entropía.

- a) Calcule $\frac{\partial P}{\partial T}, \quad \frac{\partial P}{\partial V}, \quad \frac{\partial^2 P}{\partial T^2}, \quad \frac{\partial^2 P}{\partial V^2}, \quad \frac{\partial^2 P}{\partial T \partial V}, \quad \frac{\partial^2 P}{\partial V \partial T}, \quad dP$ y dS .
- b) Halle el incremento aproximado de la Presión cuando la Temperatura cambia de $300^\circ K$ a $600^\circ K$ y el Volumen de 50 a 51 Litros.

Seminario 6
Derivadas parciales y diferencial.
(MAE 100101 - TEMA 3)

1. Consideremos que la energía interna, U , es función del volumen y la temperatura, es decir $U = U(V, T)$ ¹. Para el amoníaco tenemos $\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = 840 \text{ J m}^{-3} \text{ mol}^{-1}$ y $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = 27.32 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. Estime el cambio en la energía interna molar del amoníaco cuando la temperatura se incrementa en 2°K y su volumen se comprime en 100 cm^3 .

2. Según la ecuación de Van der Waals, la presión P de un gas real o con comportamiento no ideal, en función de la temperatura absoluta T y del volumen V , viene dada por:

$$P = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2}$$

donde R es la constante universal de los gases, a y b son magnitudes características de cada gas.

- a) Expresar T en función de P y V .

- b) Calcular $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V$.

- c) Confirmar que $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V = \frac{1}{\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V}$.

3. Considere $PV = RT$, donde R es la constante universal de los gases, P es la presión, T es la temperatura absoluta y V es el volumen. Se define el *coeficiente isobárico de expansión térmica* por

$$\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$$

determine una expresión para α .

4. Considere $V = V(T, P)$ donde P es la presión, T es la temperatura absoluta y V es el volumen. A 300°K el coeficiente isobárico del neón es de $3.3 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$. Estime el cambio en el volumen cuando 50 cm^3 de muestra se calientan en 5°K .

¹Esto ocurre en sistemas cerrados de composición constante.

**Tema 5 - Ecuaciones diferenciales como modelos matemáticos:
Planteamiento de ecuaciones diferenciales de primer orden .**

2. Ejercicios

1. La semivida de la descomposición radiactiva de primer orden del ^{14}C es de 5730 años. Una muestra arqueológica contiene madera que solo tiene el 72 % del ^{14}C encontrado en los árboles vivos. ¿Cuál es su edad?
 2. Un paciente se ha intoxicado con un medicamento cuya vida media es de 3 horas. La concentración plasmática no tóxica del medicamento es de $2 \mu g/mL$. En el momento actual la concentración es de $20 \mu g/mL$. ¿qué tiempo tendrá que transcurrir para que la concentración plasmática se haya reducido a un nivel no tóxico?
 3. Un objeto caliente colocado en una estancia que mantiene una temperatura constante de $20^{\circ}C$ se enfría en 20 min desde $100^{\circ}C$ hasta $60^{\circ}C$. ¿Dentro de cuánto tiempo su temperatura descenderá hasta $30^{\circ}C$?
 4. Una barra de hierro a una temperatura de $95^{\circ}C$ se introduce en un barril de agua a $25^{\circ}C$. El barril es lo suficientemente grande como para que el aumento de la temperatura del agua sea insignificante a medida que se enfría la barra de hierro. La constante de proporcionalidad de la variación de la temperatura es $k = -0.0258 \text{min}^{-1}$. Se supone que la conducción del calor en la barra es suficientemente rápida como para que en todo instante la temperatura de la misma sea igual en todos sus puntos.
-

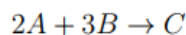
- a) Determina una expresión para la temperatura de la barra en cualquier instante t .
- b) Halla el tiempo que se requiere para que la temperatura de la barra sea $30^{\circ}C$.
- c) Calcula la temperatura de estado estacionario de la barra, es decir, $\lim_{t \rightarrow \infty} T(t)$.
¿Podrías haber obtenido este valor sin necesidad de calcular $T(t)$ explícitamente?. Explicalo.

5. Considere la reacción



Determine la concentración del compuesto C en función del tiempo si al principio hay 0.5mol/L de A y 0.3mol/L de B . Sabiendo que la concentración de C es de 0.1mol/L a los 5 minutos. ¿Qué concentración del compuesto C hay a los 20 minutos? Interprete la solución cuando el tiempo crece indefinidamente.

6. Deducir e integrar la expresión para la ley de velocidad de segundo orden (de primer orden respecto a cada reactivo) para la reacción



7. Supongamos que un tanque mezclador grande contiene 300 litros, en donde se ha disuelto sal. Otra solución de salmuera se bombea al tanque a una tasa de 3 litros por minuto. El contenido de sal se agita perfectamente y sale del tanque a la misma tasa. Si la solución que entra es de 2Kg/l e inicialmente había 50 Kg. de sal, ¿cuánta sal habrá en el tanque después de 10 horas? ¿Cuál es la cantidad límite de sal en el tanque?
8. En el ejercicio anterior suponga que la salmuera sale a una tasa de 2 litros por minuto.

Seminario 9
ECUACIONES DIFERENCIALES COMO MODELOS MATEMÁTICOS
(MAE 100101 - Tema 5)

1. Si una barra metálica pequeña, cuya temperatura inicial es de 20°C , se deja caer en un recipiente con agua hirviendo ¿cuánto tiempo tardará en alcanzar 90°C si se sabe que su temperatura aumentó 2°C en un segundo? ¿cuánto tiempo tardará en llegar a 98°C ? (Recuerde que el punto de ebullición del agua es de 100°C)
 - a) Establezca la ecuación diferencial correspondiente.
 - b) Resuelva la ecuación diferencial.
 - c) Responda a las dos cuestiones planteadas.

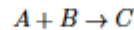
2. Un cultivo tiene una cantidad inicial 1000 de bacterias. Cuando $t = 1$ hora la cantidad de bacterias se duplica. Si la rapidez de crecimiento es proporcional a la cantidad de bacterias presente en el momento actual:
 - a) Establezca la ecuación diferencial correspondiente.
 - b) Resuelva la ecuación diferencial.
 - c) Calcule el tiempo necesario para triplicar la cantidad inicial de los microorganismos.

3. A las 8 de la mañana, el comisario Maigret, mientras pasea por una calle a 20°C , encuentra un cadáver cuya temperatura es de 35°C . Si al cabo de una hora su temperatura ha descendido a 34°C , y suponiendo que en el momento de la muerte la temperatura del cuerpo era de 37°C , ¿a qué hora se produjo el crimen?

4. Se analizó un hueso fosilizado y se encontró que contenía la centésima parte de la cantidad original de ^{14}C . Considerando que la semivida del ^{14}C es de 5730 años, determine la edad del fósil.

Seminario 10
ECUACIONES DIFERENCIALES COMO MODELOS MATEMÁTICOS
(MAE 100101 - Tema 5)

1. Suponga que una solución inicialmente contiene 2 moles/L de A y 1 mol/L de B para reaccionar. Determine una expresión para la concentración de C en el instante t , si consideramos una reacción de segundo orden, de primer orden respecto a cada reactivo, según la estequiometría:



2. Un tanque contiene originalmente 100 litros de agua fresca. Se vierte dentro del tanque, agua que contiene $\frac{1}{2}$ kilo de sal por litro a una velocidad de 2 L/min y se permite que salga la mezcla con la misma rapidez.
- Escriba la ecuación diferencial correspondiente.
 - Resuelva la ecuación diferencial anterior.
 - Determine la cantidad de sal en el tanque al cabo de 10 minutos.
 - Determine la concentración de sal en el tanque al cabo de 10 minutos.
 - Determine la cantidad límite de sal en el tanque.
 - Determine la concentración límite de sal en el tanque
3. Considera el problema anterior suponiendo que la mezcla sale a 4 L/min.
- Escriba la ecuación diferencial correspondiente.
 - Resuelva la ecuación diferencial anterior.
 - ¿Cuándo se vacía el tanque?
 - Determine la cantidad de sal en el tanque a los 10 minutos.
 - Determine la concentración de sal en el tanque al cabo de 10 minutos.
 - Determine la cantidad límite de sal en el tanque.
 - Determine la concentración límite de sal en el tanque
4. En una reacción química de primer orden, al cabo de 35 minutos, ha reaccionado sólo el 30 % del reactivo. Determinar:
- La constante de velocidad.
 - El porcentaje del reactivo que queda luego de 4 horas.

3.2. Inclusión de Contenidos Matemáticos en las asignaturas del área de Química Física impartidas por el profesorado implicado en el proyecto.

3.2.1.- Puesta a punto de una práctica de laboratorio de la asignatura de Biofísica, de 3^{er} curso del Grado en Farmacia. En esta práctica se demuestra la aplicación práctica del Modelo Logístico, incluido en el Tema 5 de MAE, en la determinación experimental de parámetros de interés farmacéutico. En concreto se ha utilizado en la determinación de la concentración micelar crítica (cmc) de formación de agregados micelares de diferentes sistemas.

Los resultados obtenidos por dos de los grupos de prácticas, se presentan a continuación.



PRÁCTICA BIOFÍSICA G3

Profesora: Margarita Valero Juan
Curso 2016 2017

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

- Calcular la cmc de un agregado mixto formado por los tensioactivos: AOT (aniónico) y F127 (no iónico).

MÉTODOS

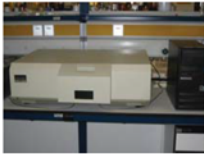
PROCEDIMIENTO

- TA utilizado
 - AOT
 - F127 = 0.1 (4.53x10⁻³ m)
- Diluciones
 - 15 diluciones en viales topacio:
 - 50 µL de pireno/EtOH + cantidades crecientes de mezcla de TA

MÉTODOS

ESPECTROFLUORÍMETRO

- Cubeta de cuarzo
- Rendija: 0-0
- λ_{exc} = 340 nm
- λ_{em} = 360 – 460 nm
- Temperatura ambiente



RESULTADOS

- ESPECTRO DE EMISIÓN DEL PIRENO EN LOS AGREGADOS



RESULTADOS

TABLA DE RESULTADOS

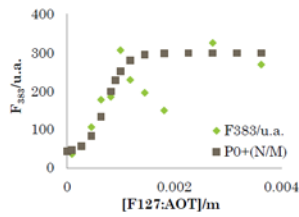
N	V pireno(µL)	V AOT+F127 (mL)	[TA]/m	F373/u.a.	F383/u.a.	(F383/F373)exp
1	50	0	0	50,57	42,79	0,865928416
2	50	0,1	0,000906	49,38	36,1	0,731065209
3	50	0,3	0,002718	91,28	56,08	0,614373357
4	50	0,5	0,00453	156,89	106,46	0,676364599
5	50	0,7	0,006342	220,08	178,02	0,808876777
6	50	0,9	0,008154	227,85	185,41	0,813797108
8	50	1,3	0,0011778	288,41	223,88	0,797059741
9	50	1,6	0,0014496	224,52	196,19	0,873819704
12	50	1,1	0,0009966	391,8	307,26	0,78481879
13	50	3	0,002718	480,84	326,39	0,678791282
15	50	4	0,003624	395,79	269,89	0,681902019

RESULTADOS

AJUSTE DE LOS DATOS EXPERIMENTALES MEDIANTE UN MODELO MATEMÁTICO LOGÍSTICO

$$P = P_0 + \frac{(K \times \Delta P_{\max})}{(K + e^{-(S)(C-\Delta P_{\max})})} \quad \text{Ecuación 1}$$

M. Buchweitz, P. A. Kroon, G.T. Rich, P. J. Wilde, *Food Chemistry* 211 (2016) 356-364



PARAMETROS EXPERIMENTALES UTILIZADOS EN EL AJUSTE	
P ₀	= 40
P _∞	= 300
ΔP _{max}	= 260
PARAMETROS OBTENIDOS POR AJUSTE	
K	= 0,015
C	= 22

RESULTADOS

CÁLCULO CMC

$$[S]_{1/2} = \frac{-\ln K}{C \times \Delta P_{\max}} \quad \text{Ecuación 2}$$

M. Buchweitz, P. A. Kroon, G.T. Rich, P. J. Wilde, *Food Chemistry* 211 (2016) 356-364

$$\text{CMC} = 7,34 \times 10^{-4} \text{ m}$$

DISCUSIÓN

GRUPO	CMC
1	6,82 x 10 ⁻⁴
2	6,10 x 10 ⁻⁴
3	9,17 x 10 ⁻⁴
4	8,59 x 10 ⁻⁴
5	7,34 x 10 ⁻⁴
CMC media = 7,60 x 10 ⁻⁴	

Cada CMC está relacionada con un ajuste diferente de los datos experimentales.

CONCLUSIONES:

- A partir de este valor de cmc (7,60x10⁻⁴) comienzan a formarse micelas en el medio acuoso.
- El agregado mixto tiene una cmc diferente que los tensioactivos por separado.

Prácticas de Biofísica (G4)

Estudio de la mezcla de dos tensioactivos

ÍNDICE

- INTRODUCCIÓN
 - Objetivo.
 - Características de los tensioactivos y de la mezcla.
- MATERIALES Y MÉTODOS
 - Preparación de disoluciones.
 - Sonda.
 - Técnica empleada.
- RESULTADOS
 - Espectro.
 - Tabla de resultados.
 - Modelo matemático.
 - Cálculo de la CMC.
- DISCUSIÓN
- CONCLUSIÓN
- BIBLIOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO

Cálculo de la CMC de un agregado mixto de AOT y F127 a partir de datos experimentales.

INTRODUCCIÓN

CARACTERÍSTICAS

- AOT:
 - Tensioactivo aniónico
 - bis-2-etilhexil sulfosuccinato.
 - Contra ion es el sodio.
 - Dos colas hidrofóbicas.
- F127:
 - Tensioactivo no iónico.
 - Una cola hidrofóbica.

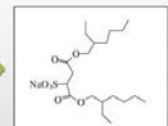


Figura 1. - Estructura del AOT.

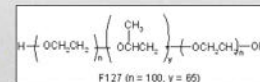


Figura 2. - Estructura del F127.

CONCLUSIÓN

La mezcla de los dos tensioactivos, AOT y F127 tiene una cmc de $5,90 \times 10^{-4} \text{M}$, sabiendo las cmc de los tensioactivos por separado en otros estudios podemos llegar a la conclusión que el agregado mixto que se forma por combinación de los monómeros de AOT y F127 tiene una cmc un poco superior a la del F127 por separado, ya que la cmc del AOT aumenta según aumenta la polaridad del disolvente en el que se encuentra.



La cmc ha aumentado ligeramente con respecto a la del F127 por separado

BIBLIOGRAFÍA

1. Kotlarchyk, M., Huang, J. S., & Chen, S. H. (1985). Structure of AOT reversed micelles determined by small-angle neutron scattering. *The Journal of Physical Chemistry*, 89(20), 4382-4386. Author: Zerrin Sezgin
2. Year published: 2007, Article title: Erratum to 'Preparation and characterization of polymeric micelles for solubilization of poorly soluble anticancer drugs' [Eur. J. Pharm. Biopharm. 64 (2006) 261-268]. Journal title: European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics, Issue number: 1, Volume number: 67, Pages: 300-300

Estas presentaciones realizadas por los diferentes grupos de prácticas se han expuesto en los seminarios. El trabajo de cada uno de estos grupos ha sido evaluado por el resto de los grupos de prácticas siguiendo unos criterios de valoración establecidos previamente por el profesor.

Los resultados obtenidos, son muy interesantes ya que permite a los estudiantes llevar a cabo una investigación completa:

(1) obtención de datos experimentales (2) ajuste de los mismos a modelos matemáticos (3) obtención a través de los pasos anteriores de parámetros de utilidad de sistemas farmacéuticos. (4) presentación de los resultados obtenidos tanto de forma escrita como oral. (5) desarrollar una visión crítica a través del proceso de evaluación.

Sin embargo, el sistema y las condiciones de trabajo seleccionadas, han de ser revisadas en base a los resultados obtenidos en esta puesta a punto, para mejorar la reproducibilidad de los mismos. Este proceso se realizará en próximos cursos.

3.2.2. Revisión de los aspectos matemáticos utilizados en la asignatura de Técnicas Instrumentales, centrándonos particularmente en *ajustes a funciones lineales y no lineales de datos experimentales*; así como a la determinación del error asociado a las medidas experimentales. Todos ellos, aspectos aplicados al proceso de cuantificación proporcionado por diferentes técnicas instrumentales: *polarimetría, refractometría, absorción uv-vis, emisión uv-vis*.

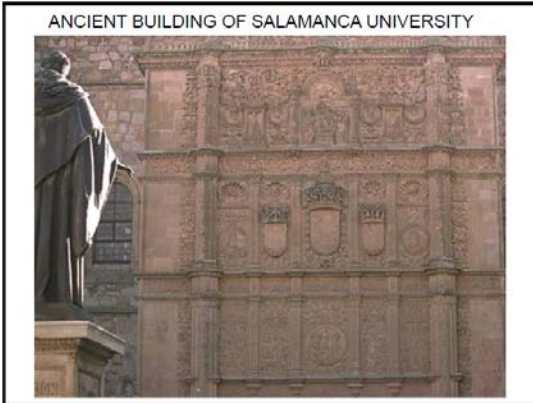
3.2.3. Se ha revisado en profundidad las ecuaciones del tema de difusión, impartido en la estancia Erasmus en la Universidad de Harokopio de Atenas. En este caso, dado la complejidad de los modelos matemáticos y el interés del tema en el campo Farmacéutico, queda pendiente desarrollar una práctica de laboratorio que permita demostrar la aplicación práctica de los mismos.



Margarita Valero Juan
Physical Chemistry Department
Faculty of Pharmacy
Salamanca University




ATHENS 2017



TRANSPORT PHENOMENA

- 2.1 - Concept of Transport
- 2.2 - Diffusion
- 2.3 - Diffusion of Matter
 - 2.3.1 - First Fick's Law
 - 2.3.2 - Second Fick's Law
- 2.4 - Diffusion through Membranes
 - 2.4.1 - Permeable Membranes
 - 2.4.2 - Semi-Permeable Membranes
- 2.5 - Bibliography

2.1.- Transport

Transport:
Transference of "some amount" of a physical property between two regions of a system.

DRIVING FORCE (X) → SOME EFFECT: FLUX (J)

FLUX (J): $J = f(X)$

AMOUNT OF PHYSICAL MAGNITUD TRANSFERRED BY UNIT OF AREA AND TIME

Physical Magnitud:	Driving Force (X)	Transport Phenomena
* Energy: Heat	Difference of Temperature	Heat Transfer
* Matter: a) fluid	Difference in Concentration	Osmosis
b) particles	Difference in Concentration	Diffusion
* Electric Charge:	Difference in Electric Potential.	Electric Conductivity

2.2.- Diffusion

Definition: movement of molecules due to the thermal or kinetic energy.

Brownian Movement: in the absence of concentration gradient

"random walk": by collision among particles

$\langle x \rangle = 0$ $\langle x^2 \rangle = 2Dt$

D: Diffusion Coefficient I.S.: m²/s
t: time: seconds (s)
 $\langle x^2 \rangle$: mean square distance: I.S.: m²




Einstein's Law: $D = kT/f$

f: frictional coefficient
k: Boltzman's Constant I.S.: 1,3806504 · 10⁻²³ J/K
D: Diffusion Coefficient I.S.: S.I. m²/s
T: Temperature K (°C + 273)

Stokes-Einstein's Law: $D = kT/6\pi\eta r$

η : solvent viscosity I.S.: Pa's ((N/m²)'s)
r: particle radius (spherical particles) (r_h = hydrodynamic radius): length

2.3.- Diffusion of Matter

$J = f(X)$

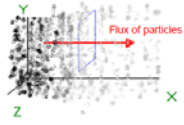
Flux: $J = 1/A \, dn/dt$ J : particles/ length² time

Speed: $v = dn/dt$ v : particles/ time

Concentration Gradient: dC/dx : particles/ length⁴

$J = f(X)$ Fick's laws Quantifying the Diffusion Process

2.3.1- First Fick's Law



$J = f(X)$
 $J = -D \, dC/dx$
D: Diffusion Coefficient
 dC/dx : Concentration Gradient

$J = 1/A \, dn/dt = -D \, dC/dx$

$v = dn/dt = -D \, dC/dx$

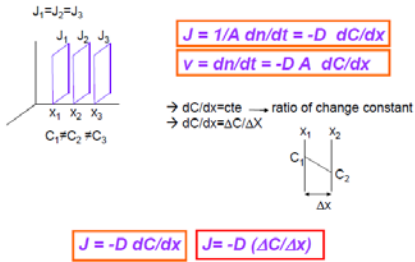
UNITS:

- * dC/dx : particles/length⁴ (c=particles/length³)
- * dn/dt : particles/ time
- * D: length²/time
- * A: length²

I.S.: length: m; time: seconds

2.3.1- First Fick's Law

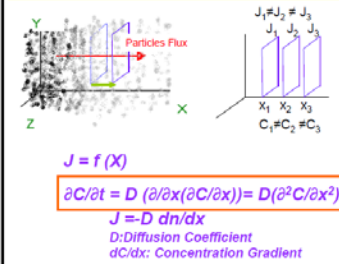
Steady State Conditions: $J = cte$



2.3.2- Second Fick's Law

Non Steady State Flux:

$J \neq cte$ and $dC/dx \neq cte$ along x



2.3.2- Second Fick's Law

Boundary Conditions

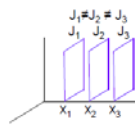
$t < 0$: $C = 0$ from $-x$ to x (there is not diffusion in this direction)

$t = 0$ and $x = 0$ $C = N_{\text{molecules}} / m^2$

$C = \frac{\Delta C}{\Delta x} = 0 \quad x = -\Delta x \quad x = +\Delta x$

$$C(x, t) = \left(\frac{N}{2\sqrt{\pi Dt}} \right) e^{-\frac{x^2}{4Dt}}$$

Unidirectional Transport



2.5.- Bibliography

-Physical Chemistry with Applications to Biological Systems. Chapter 5. Raymond Chang. Collier Macmillan Canada, Ltd. 1977. ISBN:0-02-321020-6

-Physical Chemistry of Foods. Chapter 5. Pieter Walstra. Marcel Decker Inc. New York. 2003. ISBN:0-8247-9355-2

En general, se han cumplido todos los objetivos propuestos, con una aplicación muy amplia y satisfactoria del trabajo realizado en un numero grande de estudiantes de Grado y Post-grado, así cómo en TFG y TFM.

Sin embargo, y dado el interés de los mismos, se continuarán realizando reuniones periódicas entre los profesores implicados, en el próximo curso, con el fin de completar y mejorar la calidad de todos los aspectos incluidos en las diferentes asignaturas, en base a la experiencia adquirida en la impartición de la docencia de este año.