



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

Proyecto de Innovación

Convocatoria 2024/2025

Nº de proyecto: 478

Uso de modelos de lenguaje grandes como herramienta didáctica en la enseñanza de las asignaturas de la Unidad Docente de Química Física y Física Aplicada

Responsable del Proyecto: Ignacio Rodriguez

Facultad de Farmacia

Departamento: Química en Ciencias Farmacéuticas

Objetivos propuestos en la presentación del proyecto

En la solicitud del proyecto, se propuso lo siguiente:

El objetivo principal del proyecto es la evaluación de diferentes modelos de lenguaje para determinar hasta qué punto pueden resultar útiles en la docencia de la Unidad de Química Física y Física Aplicada. En ese sentido, el proyecto trataría de responder a las siguientes preguntas:

¿Pueden resultar útiles los modelos de lenguaje como herramienta didáctica en la enseñanza de las asignaturas de la Unidad Docente de Química Física y Física Aplicada?

En el contexto anterior, ¿son fiables las respuestas que se obtienen cuando se formulan preguntas a modelos de lenguaje? ¿Pueden estos modelos responder preguntas teóricas? ¿Pueden resolver problemas? ¿Pueden usarse para generar nuevas preguntas o problemas para preguntar a los alumnos?

¿Pueden realizarse las preguntas de un modo que las respuestas obtenidas sean más fiables o más útiles?

Objetivos alcanzados

El objetivo principal del proyecto es la evaluación de diferentes modelos de lenguaje para determinar hasta qué punto pueden resultar útiles en la docencia de la Unidad de Química Física y Física Aplicada. Este objetivo ha sido alcanzado. El resultado de la evaluación es que, si bien muchas respuestas son correctas y útiles, los modelos pueden dar lugar a respuestas erróneas difíciles de detectar que pueden confundir a los usuarios. En ese sentido, se recomienda verificar con mucha atención las respuestas para detectar posibles errores.

El proyecto planteaba una serie de preguntas acerca de los modelos de lenguaje grandes, en concreto:

¿Pueden resultar útiles los modelos de lenguaje como herramienta didáctica en la enseñanza de las asignaturas de la Unidad Docente de Química Física y Física Aplicada?

En el contexto anterior, ¿son fiables las respuestas que se obtienen cuando se formulan preguntas a modelos de lenguaje?

¿Pueden estos modelos responder preguntas teóricas?

¿Pueden resolver problemas?

¿Pueden usarse para generar nuevas preguntas o problemas para preguntar a los alumnos?

¿Pueden realizarse las preguntas de un modo que las respuestas obtenidas sean más fiables o más útiles?

El trabajo realizado durante el proyecto ha servido para dar respuesta a esas preguntas. El resumen de las respuestas es el siguiente (se amplía en el apartado de Desarrollo de las actividades)

Pregunta: ¿Pueden resultar útiles los modelos de lenguaje como herramienta didáctica en la enseñanza de las asignaturas de la Unidad Docente de Química Física y Física Aplicada?

Respuesta: Claramente sí, como se elaborará en las preguntas siguientes. Son muy útiles para ayudar en las explicaciones conceptuales adaptadas al nivel del estudiante, por medio de tutorías personalizadas las 24 h. Puede servir de refuerzo de conceptos con múltiples enfoques explicativos. Además, sirve al profesor en la preparación y al alumno en la comprensión de clases con analogías y ejemplos variados.

Pregunta: En el contexto anterior, ¿son fiables las respuestas que se obtienen cuando se formulan preguntas a modelos de lenguaje?

Respuesta: En general sí. En los dos párrafos siguientes se elabora la respuesta a esta pregunta, para cuestiones teóricas y para problemas.

Pregunta: ¿Pueden estos modelos responder preguntas teóricas?

Respuesta: En general sí, y suelen hacerlo bastante bien. Se realizaron numerosas preguntas teóricas a diversos modelos del lenguaje, y en todos los casos las respuestas obtenidas fueron correctas. Las respuestas obtenidas de diferentes modelos o del mismo modelo en diferentes momentos fueron diferentes, pero en todos los casos coherentes. Estos modelos tienen excelente capacidad para explicar fundamentos teóricos de la asignatura, relacionar teorías, contextualizar desarrollos históricos y adaptar explicaciones a diferentes niveles de complejidad. Se adjunta una pequeña muestra de preguntas y respuestas en el Anexo II.

Pregunta: ¿Pueden resolver problemas?

Respuesta: Sí, pero pueden tener errores. Para algunos problemas, diferentes modelos, o el mismo modelo en diferentes ocasiones, dan respuestas diferentes, y puede suceder que una respuesta sea correcta y otra errónea. Además, las respuestas erróneas son en muchos casos muy verosímiles. Por ese motivo, se recomienda a posibles usuarios que revisen con mucha atención las respuestas de los modelos, ya que estas respuestas erróneas pero convincentes son mucho más peligrosas que respuestas erróneas sin sentido, que claramente se ve que son erróneas. Se adjunta una pequeña muestra de preguntas y respuestas correctas en el Anexo III y una pequeña muestra de respuestas con errores en el Anexo VI.

En resumen, son muy efectivos cuando se estructura bien por medio de un desglose paso a paso de metodologías, identificación de principios aplicables y verificación dimensional. No obstante, como se indica pueden cometer errores en cálculos complejos por lo que se recomienda utilizar herramientas de cálculo complementarias.

.

Pregunta: ¿Pueden usarse para generar nuevas preguntas o problemas para preguntar a los alumnos?

Respuesta: En general sí, aunque hay que tener cuidado. Se puede solicitar a estos modelos que generen preguntas y en general suelen ser adecuadas, pero es necesario revisarlas antes de plantearlas al alumnado, ya que pueden contener errores, realizar preguntas cuya respuesta aparece en el enunciado, o respuestas que dan lugar a resultados físicamente no factibles, y esto a su vez puede confundir a los propios modelos cuando tratan de resolver la pregunta. En esto son muy potentes, creando problemas graduados en dificultad, generando variaciones de ejercicios clásicos de la asignatura, proponiendo preguntas conceptuales y diseñando casos de estudio interdisciplinarios.

Pregunta: ¿Pueden realizarse las preguntas de un modo que las respuestas obtenidas sean más fiables o más útiles?

Respuesta: Sí. En el Anexo V se ven dos ejemplos. En uno se solicita al modelo la elaboración de un examen y en otro se solicita al modelo la resolución de un problema. Se puede ver cómo mejorar la calidad y la utilidad de la respuesta al variar la pregunta.

Metodología empleada en el proyecto

Selección de los modelos a evaluar. Se han incluido algunos de los modelos que se mencionaron en la solicitud, así como algunos otros. Estos modelos se relacionan en el Anexo I. Esta tarea ha estado liderada por Ignacio Rodríguez y José Luis Izquierdo.

Selección de las preguntas / problemas a resolver por parte de los modelos. Se han seleccionado preguntas y problemas relevantes en el ámbito de las asignaturas de nuestra Unidad Docente. Esta tarea ha estado liderada por Jesús Ruiz-Cabello y Niuris Acosta.

Evaluación de los modelos. Se han evaluado los modelos seleccionados para verificar si las respuestas a las preguntas son fiables y útiles. La evaluación se ha realizado múltiples veces usando las mismas preguntas (prompts) para verificar que no se producen desviaciones en las respuestas. Algunas de estas respuestas se relacionan en el Anexo II y el Anexo III. Esta tarea ha estado liderada por José Luis Izquierdo y Marzia Marciello.

Evaluación de los modelos. Se han evaluado los modelos seleccionados para verificar si tienen la capacidad de generar nuevas preguntas / problemas y si resultan útiles. Algunas de estas preguntas se relacionan en el Anexo IV. Esta tarea ha estado liderada por Concepción Civera.

Encuestas. Se ha solicitado al profesorado participante en el proyecto su opinión sobre la utilidad, fiabilidad y confianza que les ofrecen los modelos. Los resultados y las conclusiones de estas encuestas se detallan en el Anexo VII. Esta tarea ha estado liderada por Inmaculada Aranaz y Marco Filice.

Memoria final. Se ha elaborado la presente memoria para que esté disponible para la comunidad universitaria en el repositorio institucional de la UCM. La memoria ha sido elaborada por todos los participantes en el proyecto. Esta tarea ha estado liderada por Ignacio Rodríguez

Recursos humanos

Para el desarrollo de este proyecto se ha contado con Personal docente e investigador y estudiantes de doctorado.

Responsable del proyecto:

Ignacio Rodríguez Ramírez de Arellano (PDI)

Otro PDI

Florentina Niuris Acosta Contreras

Inmaculada Aranaz Corral

María Concepción Civera Tejuca

Marco Filice

Ángeles María Heras Caballero

Jose Luis Izquierdo García

Marco Laurenti

Ismael López Duarte

Marzia Marciello

Jesus M. Ruiz-Cabello Osuna

Estudiantes

María Del Pilar Alonso Moreno

Daniel Alonzo Durante Salmerón

Rubén Gil Gonzalo

Alejandro González Simón

Laura Lozano Chamizo

Karina Ovejero Paredes

Saeedeh Pouri

Desarrollo de las actividades

Tal y como se indicó en la memoria de solicitud el presente proyecto consta de las siguientes tareas que se han ido desarrollando a lo largo del curso académico 2024 - 2025.

Tarea 1: Formación del profesorado. El profesorado participante en este proyecto se ha formado gracias a los cursos que ofrece la UCM.

Tarea 2: Selección de los modelos a evaluar. Los modelos se han seleccionado y están relacionados en el Anexo I.

Tarea 3: Selección de las preguntas / problemas a resolver por parte de los modelos. Se han seleccionado preguntas y problemas relevantes en el ámbito de las asignaturas de nuestra Unidad Docente. Se ha intentado que las preguntas sean similares a cuestiones teórico-prácticas o problemas que se podrían realizar en clase o preguntar en un examen.

Tarea 4: Evaluación de los modelos. Se han evaluado los modelos seleccionados para verificar si las respuestas a las preguntas son fiables y útiles y para verificar si tienen la capacidad de generar nuevas preguntas / problemas y si resultan útiles.

La capacidad de generar nuevas preguntas / problemas y si resultan útiles se ha evaluado antes que las respuestas de los modelos a preguntas teóricas o problemas, ya que ya que las nuevas preguntas / problemas generados han sido utilizadas para evaluar las respuestas de los modelos. Es decir, las preguntas teóricas o los problemas que los modelos han tenido que resolver provienen tanto de la tarea 3 como de la tarea 4.

El Anexo II incluye respuestas a preguntas teóricas.

El Anexo III incluye respuestas a problemas.

El Anexo IV incluye preguntas generadas por los modelos.

El Anexo V incluye indicaciones que pueden ayudar a preparar las preguntas de modo que las respuestas sean más útiles y fiables.

El Anexo VI incluye problemas con respuestas erróneas por parte de todos / algunos de los modelos.

Tarea 5: Encuestas. Se ha solicitado al profesorado participante en el proyecto su opinión sobre la utilidad, fiabilidad y confianza que les ofrecen los modelos. Los resultados y las conclusiones de estas encuestas se detallan en el Anexo VII.

Tarea 6: Informe final. Una vez finalizadas todas las tareas anteriores, se ha elaborado la presente memoria para que esté disponible para la comunidad universitaria en el repositorio institucional de la UCM.

Anexo I. Modelos utilizados

Se listan los modelos que se han utilizado durante este proyecto. No se han realizado todas las preguntas a todos los modelos.

- **GPT-4 (OpenAI).** Uno de los modelos más avanzados de OpenAI, capaz de comprender y generar texto de alta calidad en múltiples idiomas. Se destaca por su razonamiento complejo, comprensión contextual y capacidad multimodal (texto e imagen en GPT-4o).
- **Claude (Anthropic).** Diseñado con un enfoque en seguridad y alineación, Claude ofrece respuestas útiles y seguras, priorizando la intención del usuario. Su arquitectura está optimizada para instrucciones claras y conversación fluida.
- **Gemini (Google DeepMind).** Anteriormente conocido como Bard, Gemini es el LLM de Google enfocado en integración con productos de Google y tareas de razonamiento multimodal. Se destaca por su rendimiento en código y comprensión contextual.
- **LLaMA (Meta).** Meta AI desarrolla la serie LLaMA (Large Language Model Meta AI) con código abierto. Son modelos eficientes y entrenados para ser más accesibles a la comunidad investigadora, con versiones como LLaMA 2 y LLaMA 3.
- **Mistral.** Mistral AI produce modelos de código abierto y ligeros que ofrecen un rendimiento competitivo, como Mistral 7B y Mixtral. Usan arquitecturas eficientes (como Mixture of Experts) para ofrecer potencia con menor costo.
- **DeepSeek-R1.** Modelo de razonamiento lanzado en enero 2025, de código abierto bajo licencia MIT; destaca por su eficiencia y rendimiento en matemáticas y codificación, rivalizando con GPT-4.
- **Microsoft Copilot.** Asistente de inteligencia artificial integrado en Windows y Microsoft 365 que ayuda a crear, resumir y automatizar tareas en documentos, correos y más.

Anexo II. Respuestas a preguntas teóricas

Se incluye una pequeña muestra de las preguntas realizadas a diferentes modelos. Para todas las preguntas, se incluye una única respuesta, ya que las respuestas de los diferentes modelos fueron muy similares.

Razone brevemente si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas:

- En una reacción de segundo orden el tiempo de semivida es constante.
- La isoterma de adsorción de Freundlich permite varios sitios de adsorción en el sólido cada uno con valores de entalpía de adsorción diferente.

a)

En una reacción de segundo orden el tiempo de semivida es constante.

→ FALSA.

En una reacción de segundo orden, la semivida ($t_{1/2}$) no es constante; depende de la concentración inicial del reactivo. La expresión para la semivida en una reacción de segundo orden (por ejemplo, $A \rightarrow \text{productos}$) es:

$$t_{1/2} = 1 / (k[A]_0)$$

Donde k es la constante de velocidad y $[A]_0$ es la concentración inicial. Como se ve, al cambiar $[A]_0$, también cambia $t_{1/2}$.

b)

La isoterma de adsorción de Freundlich permite varios sitios de adsorción en el sólido cada uno con valores de entalpía de adsorción diferente.

→ VERDADERA.

La isoterma de Freundlich es un modelo empírico que describe la adsorción en superficies heterogéneas, donde existen múltiples sitios con diferente afinidad (entalpía de adsorción) por el adsorbato. La ecuación es:

$$q = K_f C^{1/n}$$

Esto implica que no hay una saturación definida (como en Langmuir) y que la adsorción varía en función de la concentración y de la energía del sitio, lo cual concuerda con la afirmación.

Justifique usando las ecuaciones fisicoquímicas correspondientes la veracidad o falsedad de las siguientes afirmaciones:

- La energía libre de Gibbs de mezcla de una disolución ideal es siempre negativa.
- La entalpía de mezcla de una disolución ideal es positiva.

a)

La energía libre de Gibbs de mezcla de una disolución ideal es siempre negativa.

→ VERDADERA.

En una disolución ideal, la energía libre de Gibbs de mezcla (ΔG_{mezcla}) se calcula mediante la ecuación:

$$\Delta G_{\text{mezcla}} = nRT (x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2)$$

Donde:

- n = número total de moles
- R = constante de los gases
- T = temperatura absoluta
- x_1 y x_2 = fracciones molares de los componentes

Como las fracciones molares están entre 0 y 1, sus logaritmos naturales son negativos, lo que hace que el término completo sea negativo. Por tanto, $\Delta G_{\text{mezcla}} < 0$ y la mezcla es espontánea.

b)

La entalpía de mezcla de una disolución ideal es positiva.

→ FALSA.

En una disolución ideal, todas las interacciones entre las moléculas (soluto-solvente, soluto-soluto, solvente-solvente) son equivalentes. Por ello, no hay cambio de energía asociado con la mezcla. Esto se expresa como:

$$\Delta H_{\text{mezcla}} = 0$$

Por tanto, la entalpía de mezcla en una disolución ideal no es positiva, sino nula.

Explicar la diferencia entre magnitud intensiva y extensiva, y dar un ejemplo de cada una de ellas

Diferencia entre Magnitud Intensiva y Extensiva

Magnitud Intensiva

Una magnitud intensiva no depende de la cantidad de materia del sistema. Su valor permanece constante aunque se divida el sistema en partes más pequeñas.

Ejemplo:

- Temperatura: Si un litro de agua a 25 °C se divide en dos mitades, ambas partes seguirán estando a 25 °C.

Magnitud Extensiva

Una magnitud extensiva depende de la cantidad de materia del sistema. Al aumentar la cantidad de sustancia, también aumenta el valor de la magnitud.

Ejemplo:

- Masa: Si un bloque de hierro de 4 kg se divide en dos partes iguales, cada parte tendrá una masa de 2 kg.

Explicar cómo puede usarse la difracción de rayos X para determinar la estructura de sólidos.

Uso de la Difracción de Rayos X para Determinar la Estructura de Sólidos

La difracción de rayos X (DRX) es una técnica empleada para determinar la estructura de sólidos cristalinos. Cuando un haz de rayos X incide sobre un cristal, los átomos del sólido actúan como una red tridimensional que dispersa los rayos X, produciendo un patrón de difracción característico del arreglo atómico del material.

Ley de Bragg

La condición para que se produzca una interferencia constructiva en la difracción está dada por la ley de Bragg:

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

Donde:

- n = orden de difracción (entero)
- λ = longitud de onda del rayo X
- d = distancia entre planos cristalinos

- θ = ángulo de incidencia/reflexión

Información que se Puede Obtener

A partir del patrón de difracción, se puede obtener:

- Las distancias entre planos atómicos (d)
- La estructura cristalina (por ejemplo: cúbica, tetragonal)
- La red cristalina y la disposición de átomos en la celda unitaria
- La identificación del compuesto al comparar con patrones conocidos

Aplicaciones Comunes

- Identificación de minerales y compuestos inorgánicos
- Determinación de estructuras de macromoléculas como proteínas
- Control de calidad y caracterización de materiales sólidos

Definir potencial químico y explicar brevemente su papel en el equilibrio material entre fases.

Potencial Químico y su Papel en el Equilibrio entre Fases

Definición de Potencial Químico

El potencial químico (μ) es una magnitud termodinámica que representa la energía libre por mol asociada a una sustancia en un sistema. Describe la tendencia de una especie a escapar o difundirse entre diferentes fases.

Se define como:

$$\mu_i = \left(\frac{\partial G}{\partial n_i} \right)_{T,P,n_j \neq i}$$

Donde:

- μ_i = potencial químico del componente i
- G = energía libre de Gibbs del sistema
- n_i = número de moles del componente i
- T y P = temperatura y presión constantes

Papel en el Equilibrio Material entre Fases

En un sistema con múltiples fases, el equilibrio material para un componente se alcanza cuando su potencial químico es igual en todas las fases presentes:

$$\mu_i(\text{fase 1}) = \mu_i(\text{fase 2}) = \dots$$

Esto significa que no hay transferencia neta de materia entre las fases para ese componente. Si el potencial químico es mayor en una fase, la sustancia tenderá a moverse hacia la fase con menor potencial químico hasta que se igualen y se alcance el equilibrio.

Razonar si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

- En un sistema físico, la entropía nunca puede disminuir.
- En la refracción, el ángulo refractado es mayor que el ángulo incidente cuando la velocidad de la onda en el medio refractado es mayor que en el medio incidente.

Razonamiento de Afirmaciones sobre Entropía y Refracción

a)

En un sistema físico, la entropía nunca puede disminuir.

→ FALSA.

El segundo principio de la termodinámica establece que en un sistema aislado, la

entropía nunca disminuye (puede mantenerse constante en un proceso reversible o aumentar en uno irreversible):

$$\Delta S_{\text{aislado}} \geq 0$$

Sin embargo, en un sistema abierto o cerrado, la entropía del sistema sí puede disminuir si el entorno gana más entropía, lo cual permite que la entropía total (sistema + entorno) aumente.

Ejemplo: Un refrigerador disminuye la entropía interna al enfriar, pero transfiere más entropía al ambiente.

b)

En la refracción, el ángulo refractado es mayor que el ángulo incidente cuando la velocidad de la onda en el medio refractado es mayor que en el medio incidente.

→ VERDADERA.

De acuerdo con la ley de Snell:

$$n_1 \sin(\theta_1) = n_2 \sin(\theta_2)$$

El índice de refracción es inversamente proporcional a la velocidad del medio ($n \propto 1/v$).

Por lo tanto, si la velocidad en el medio refractado es mayor que en el medio incidente ($v_2 > v_1$), entonces $n_2 < n_1$ y:

$$\sin(\theta_2) > \sin(\theta_1) \Rightarrow \theta_2 > \theta_1$$

Es decir, el ángulo refractado es mayor que el incidente.

Razonar si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:

a) Cuando sumamos dos magnitudes, el número de cifras significativas del resultado es el mínimo del número de cifras significativas de los sumandos.

b) En la refracción, el ángulo refractado es mayor que el ángulo incidente cuando la velocidad de la onda en el medio refractado es menor que en el medio incidente.

- a) Cuando sumamos dos magnitudes, el número de cifras significativas del resultado es el mínimo del número de cifras significativas de los sumandos.

✗ Falsa.

En una suma o resta, el número de cifras decimales del resultado debe coincidir con el menor número de cifras decimales entre los sumandos, no con las cifras significativas totales.

- b) En la refracción, el ángulo refractado es mayor que el ángulo incidente cuando la velocidad de la onda en el medio refractado es menor que en el medio incidente.

✗ Falsa.

Según la ley de Snell, si la velocidad disminuye (medio más denso), el índice de refracción aumenta y el ángulo refractado es menor que el incidente.

Razonar si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones :

a) Los cristales iónicos en estado sólido son buenos conductores de la electricidad.

b) Los cristales covalentes fundidos son buenos conductores de la electricidad.

c) La imagen formada por una lente divergente es siempre de mayor tamaño que el objeto original.

d) La difracción es importante cuando el tamaño del objeto o de la rendija es al menos 100 veces superior a la longitud de onda. Conforme el tamaño del objeto o de la rendija se hace similar a la longitud de onda, los efectos de la difracción disminuyen hasta hacerse indetectables.

- a) Los cristales iónicos en estado sólido son buenos conductores de la electricidad.

✗ Falsa.

En estado sólido, los iones están fijos en la red cristalina y no pueden moverse libremente, por lo que no conducen electricidad.

- b) Los cristales covalentes fundidos son buenos conductores de la electricidad.

✗ Falsa.

Los cristales covalentes, incluso fundidos, no tienen partículas cargadas libres (como electrones o iones) que permitan la conducción eléctrica.

- c) La imagen formada por una lente divergente es siempre de mayor tamaño que el objeto original.

✗ Falsa.

Una lente divergente siempre forma una imagen virtual, derecha y de menor tamaño que el objeto.

- d) La difracción es importante cuando el tamaño del objeto o de la rendija es al menos 100 veces superior a la longitud de onda. Conforme el tamaño del objeto o de la rendija se hace similar a la longitud de onda, los efectos de la difracción disminuyen hasta hacerse indetectables.

✗ Falsa.

La difracción es más notable cuando el tamaño del obstáculo o rendija es comparable a la longitud de onda. Si es mucho mayor, los efectos de difracción son despreciables.

Razonar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas.

a) En una disolución de dos líquidos miscibles y volátiles, la fracción molar en el vapor tiene el mismo valor que en la fase líquida solo si la disolución es ideal.

b) En una disolución iónica en la que sea válida la ley límite de Debye-Hückel, el coeficiente de actividad iónico medio es inferior a la unidad.

Aquí están las respuestas razonadas a las afirmaciones:

- a) En una disolución de dos líquidos miscibles y volátiles, la fracción molar en el vapor tiene el mismo valor que en la fase líquida solo si la disolución es ideal.

FALSA. La fracción molar en el vapor solo tendrá el mismo valor que en la fase líquida si los dos líquidos tienen la misma presión de vapor pura. Esto es independiente de si la disolución es ideal o no. Incluso en una disolución ideal, si las presiones de vapor de los componentes puros son diferentes, la fase de vapor estará enriquecida en el componente más volátil (mayor presión de vapor). La ley de Raoult ($P_A = x_A P_A^0$) y la ley de Dalton ($y_A = P_A / P_{total}$) rigen la composición del vapor. La igualdad de fracciones molares en ambas fases es una condición muy específica que rara vez se cumple, incluso para disoluciones ideales, a menos que las presiones de vapor puras sean idénticas.

- b) En una disolución iónica en la que sea válida la ley límite de Debye-Hückel, el coeficiente de actividad iónico medio es inferior a la unidad.

VERDADERA. La ley límite de Debye-Hückel se aplica a disoluciones iónicas diluidas y describe cómo las interacciones iónicas afectan el comportamiento de los iones. Esta ley predice que el coeficiente de actividad iónico (que mide la desviación del comportamiento ideal) será menor que la unidad ($\gamma < 1$). Esto se debe a las atracciones electrostáticas entre iones de carga opuesta en la disolución, que efectivamente reducen la actividad o concentración "efectiva" de los iones en comparación con su concentración molar. La ley límite de Debye-Hückel se expresa típicamente como $\log \gamma_{\pm} = -A|z_+ z_-|$, donde A es una constante, $|z_+ z_-|$ es el producto de los valores absolutos de las cargas de los iones, e I es la fuerza iónica. Dado que el lado derecho de la ecuación es negativo, el logaritmo del coeficiente de actividad es negativo, lo que significa que el coeficiente de actividad es menor que la unidad.

Definir producto de solubilidad. ¿Cómo varía la solubilidad de una sal iónica poco soluble con el efecto ión común y el efecto salino?

El producto de solubilidad (K_{ps}) es una constante de equilibrio que se aplica a compuestos iónicos poco solubles. Representa el producto de las concentraciones

molares de los iones constituyentes, elevados a sus respectivos coeficientes estequiométricos, en una disolución saturada de la sal a una temperatura dada. Cuanto menor sea el valor de K_{ps} , menor será la solubilidad de la sal.

La solubilidad de una sal iónica poco soluble varía de la siguiente manera con el efecto ión común y el efecto salino:

- **Efecto Ión Común:** El efecto ión común se refiere a la disminución de la solubilidad de una sal poco soluble cuando se añade a la disolución un ión que ya es común a la sal. Según el Principio de Le Chatelier, la adición de un ión común desplaza el equilibrio de disolución de la sal hacia la izquierda (hacia la formación del sólido), lo que resulta en una disminución de la concentración de los iones en disolución y, por lo tanto, en una menor solubilidad de la sal.
- **Efecto Salino (o Efecto de la Fuerza Iónica):** El efecto salino (también conocido como efecto de la fuerza iónica) se refiere al aumento de la solubilidad de una sal poco soluble cuando se añaden a la disolución otras sales que no tienen iones en común con la sal original. Este efecto se debe a que la adición de iones "extraños" aumenta la fuerza iónica de la disolución. Los iones en la disolución se rodean de iones de carga opuesta (formando una "atmósfera iónica"), lo que reduce las atracciones entre los iones de la sal poco soluble y, en consecuencia, disminuye la actividad efectiva de estos iones. Para mantener el valor de K_{ps} constante (que se define en términos de actividades, no de concentraciones molares), la concentración de los iones de la sal poco soluble debe aumentar ligeramente, lo que se traduce en un aumento aparente de su solubilidad.

Anexo III. Respuestas a problemas

Se incluye una pequeña muestra de las preguntas realizadas a diferentes modelos. Para todas las preguntas, se incluye una única respuesta, ya que las respuestas de los diferentes modelos fueron muy similares.

Se han eliminado preguntas en las que el modelo puede cometer errores, que se incluyen en el Anexo VI.

Considere una reacción $A \rightleftharpoons B$ de primer orden, con k_1 directa = $0,08 \text{ min}^{-1}$ y k_2 , inversa = $0,02 \text{ min}^{-1}$, y $[A]_0 = 0,40 \text{ mol/L}$, $[B]_0 = 0$. a) Deduzca la expresión para $[A](t)$ y explique cómo se relaciona con $[A]_{eq}$. b) Calcule $[A]_{eq}$, $[B]_{eq}$, y $[A](5 \text{ min})$.

Reacción Reversible de Primer Orden: $A \rightleftharpoons B$

Datos:

- Reacción: $A \rightleftharpoons B$
- k_1 (directa) = $0,08 \text{ min}^{-1}$
- k_2 (inversa) = $0,02 \text{ min}^{-1}$
- $[A]_0 = 0,40 \text{ mol/L}$
- $[B]_0 = 0 \text{ mol/L}$

a) Deducción de la expresión para $[A](t)$

La ecuación diferencial es:

$$d[A]/dt = -k_1[A] + k_2[B]$$

Usando la relación $[B](t) = [A]_0 - [A](t)$:

$$d[A]/dt = -(k_1 + k_2)[A] + k_2[A]_0$$

La solución general es:

$$[A](t) = [A]_{eq} + ([A]_0 - [A]_{eq}) \cdot e^{-(k_1 + k_2)t}$$

En equilibrio, $d[A]/dt = 0$, por lo tanto:

$$k_1[A]_{eq} = k_2[B]_{eq} \Rightarrow [B]_{eq} / [A]_{eq} = k_1 / k_2$$

b) Cálculo de $[A]_{eq}$, $[B]_{eq}$ y $[A](5 \text{ min})$

Razón de equilibrio: $[B]_{eq} / [A]_{eq} = 0,08 / 0,02 = 4$

Conservación de masa: $[A]_{eq} + [B]_{eq} = 0,40 \text{ mol/L}$

$$\Rightarrow [A]_{eq} + 4[A]_{eq} = 0,40 \Rightarrow 5[A]_{eq} = 0,40 \Rightarrow [A]_{eq} = 0,08 \text{ mol/L}$$

$$[B]_{eq} = 0,40 - 0,08 = 0,32 \text{ mol/L}$$

Cálculo de $[A](5 \text{ min})$:

$$[A](t) = 0,08 + (0,40 - 0,08) \cdot e^{-(0,08 + 0,02) \cdot 5} \approx 0,08 + 0,32 \cdot e^{-0,5}$$

$$e^{-0,5} \approx 0,6065 \Rightarrow [A](5 \text{ min}) \approx 0,08 + 0,32 \cdot 0,6065 \approx 0,2741 \text{ mol/L}$$

Resumen de Resultados:

- $[A]_{eq} = 0,08 \text{ mol/L}$
- $[B]_{eq} = 0,32 \text{ mol/L}$
- $[A](5 \text{ min}) \approx 0,274 \text{ mol/L}$

Calcular el trabajo realizado en la expansión isoterma de 5,25 moles de un gas ideal a 450K desde una presión inicial $P = 15 \text{ bar}$ hasta una presión final $P = 3,5 \text{ bar}$.

Cálculo del Trabajo en una Expansión Isoterma Reversible

Datos:

- Número de moles (n): 5,25 mol
- Temperatura (T): 450 K
- Presión inicial (P_1): 15 bar
- Presión final (P_2): 3,5 bar
- Constante de los gases (R): 8,314 J/mol·K

Cálculo:

La fórmula para el trabajo en una expansión isoterma reversible de un gas ideal es:

$$W = -nRT \ln(P_2 / P_1)$$

Sustituyendo:

$$W = -5,25 \times 8,314 \times 450 \times \ln(3,5 / 15)$$

$$\ln(3,5 / 15) \approx \ln(0,2333) \approx -1,455$$

$$W \approx -5,25 \times 8,314 \times 450 \times (-1,455) \approx 28.521 \text{ J}$$

Resultado:

El trabajo realizado por el gas es aproximadamente 28.521 J, o 28,5 kJ.

Una lente convergente tiene una distancia focal de 15 cm. Calcular la posición y naturaleza de la imagen de un objeto situado a 30 cm de la lente.

Cálculo de la Imagen Formada por una Lente Convergente

Datos:

- Tipo de lente: Convergente
- Distancia focal (f): +15 cm
- Distancia al objeto (d_o): +30 cm

Cálculos:

Usamos la ecuación de lentes delgadas:

$$1/f = 1/d_o + 1/d_i$$

$$1/15 = 1/30 + 1/d_i \Rightarrow 1/d_i = 1/15 - 1/30 = 1/30$$

$$\Rightarrow d_i = 30 \text{ cm}$$

Magnificación:

$$m = -d_i / d_o = -30 / 30 = -1$$

Resultado:

La imagen se forma a 30 cm detrás de la lente.

Naturaleza de la imagen:

- Real
- Invertida
- Mismo tamaño que el objeto

Determinar el cambio de frecuencia observado si una ambulancia que emite una sirena de 1000 Hz se aproxima a un observador a 80 km/h. ($c = 343 \text{ m/s}$)

Efecto Doppler: Ambulancia Aproximándose a un Observador

Datos:

- Frecuencia de la sirena (f_s): 1000 Hz
- Velocidad de la ambulancia (v_s): 80 km/h = 22,22 m/s
- Velocidad del sonido (c): 343 m/s
- Observador en reposo ($v_o = 0$)

Cálculo:

Usamos la fórmula del efecto Doppler para una fuente en movimiento que se aproxima a un observador en reposo:

$$f_o = f_s \cdot [c / (c - v_s)]$$

$$f_o = 1000 \cdot [343 / (343 - 22,22)] \approx 1000 \cdot (343 / 320,78) \approx 1069 \text{ Hz}$$

Cambio en la frecuencia observado:

$$\Delta f = f_o - f_s = 1069 - 1000 = 69 \text{ Hz}$$

Resultado:

La frecuencia observada por el oyente es aproximadamente 1069 Hz.

El cambio en la frecuencia es de 69 Hz.

Anexo IV. Preguntas generadas por los modelos

Se incluyen algunas preguntas generadas por los modelos, tanto preguntas correctas como preguntas que presentan problemas.

Las preguntas que siguen son esencialmente correctas

A 25 °C, la teobromina (180,16 g/mol) presenta un coeficiente de reparto entre cloroformo y agua de 4,2. **a)** ¿Qué porcentaje de teobromina se extraerá de 120,0 mL de una disolución acuosa de teobromina al realizar una extracción con 30,0 mL de cloroformo? **b)** ¿Cuántas veces se deberá repetir la etapa de extracción con el mismo volumen de cloroformo (30,0 mL cada vez) para que el contenido residual de teobromina en la fase acuosa sea igual o inferior al 0,1% de la cantidad inicial?

Considere una reacción $A \rightleftharpoons B$ de primer orden, con $k_{1, directa} = 0,08 \text{ min}^{-1}$ y $k_{2, inversa} = 0,02 \text{ min}^{-1}$, y $[A]_0 = 0,40 \text{ mol/L}$, $[B]_0 = 0$. **a)** Deduzca la expresión para $[A](t)$ y explique cómo se relaciona con $[A]_{eq}$. **b)** Calcule $[A]_{eq}$, $[B]_{eq}$, y $[A](5 \text{ min})$.

Utilice la ecuación de Gibbs y calcule: a) la concentración superficial en exceso para una disolución de un surfactante no iónico en agua a 25°C, sabiendo que $dy/d\ln C = -4,812 \text{ dinas/cm}$. bb) Explique el signo negativo c) Calcule el área por molécula. Datos: $N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ $R = 8,314 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$.

La pregunta que sigue es inadecuada, porque se pregunta por el aumento cuando este viene especificado en el enunciado.

Una lente convergente tiene una distancia focal de 30 cm. Determinar la posición del objeto y el aumento si la imagen es virtual, derecha y cuatro veces mayor que el objeto.

La pregunta que sigue es inadecuada, porque no se especifica la cantidad de gas.

Un gas ideal monoatómico a 1 bar y 300 K se somete a una expansión isocora. Si se le suministran 500 J de calor, calcular el cambio de temperatura.

Anexo V. Configuración de las preguntas realizadas a los modelos de modo que las respuestas obtenidas sean más fiables o más útiles

Ejemplo: se solicita al modelo la elaboración de un examen.

1. Pregunta general: se adjuntan las hojas de problemas del curso y se solicita que configure un examen. La propuesta fue simple, copió problemas y los ordenó en el fichero.
2. Se adjuntó el examen del curso anterior y se solicitó que basándose en ese modelo propusiera un modelo nuevo, cambiando los datos. El resultado fue mejor que en el caso anterior.
3. Se enviaron problemas seleccionados y se solicitó que cambiara los valores y propusiera problemas similares basados en datos reales. En este caso los problemas obtenidos fueron correctos, y se utilizaron para la confección del examen extraordinario de la asignatura.
4. Se pidió que confeccionara nuevos problemas con un grado mayor de dificultad y como resultado propuso problemas con unidades diferentes e introdujo preguntas de teoría en el problema.

Ejemplo: se solicita a un modelo que calcule la longitud de onda en un experimento de doble rendija. Tiene dificultades porque la solución está fuera del espectro visible, y a partir de ahí el modelo deja de funcionar correctamente. Se debe repetir la pregunta con un valor dentro del espectro visible para que el modelo funcione correctamente.

¿Cuál es la longitud de onda de una luz láser que produce máximos separados 2,5 mm en una pantalla situada a 2 m de doble rendija separada 0,1 mm?

Cálculo de la Longitud de Onda en un Experimento de Doble Rendija

Datos:

- Separación entre máximos (Δy): 2,5 mm = $2,5 \times 10^{-3}$ m
- Distancia a la pantalla (L): 2 m
- Separación entre rendijas (d): 0,1 mm = $1,0 \times 10^{-4}$ m (según enunciado original)

Cálculo con d = 0,1 mm:

Usamos la fórmula:

$$\lambda = (\Delta y \cdot d) / L$$

$$\lambda = (2,5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 1,0 \times 10^{-4} \text{ m}) / 2 \text{ m} = 1,25 \times 10^{-7} \text{ m} = 125 \text{ nm}$$

Este valor está fuera del espectro visible, por lo que es poco probable físicamente.

Cálculo con d = 0,01 mm (más común en laboratorio):

$$d = 0,01 \text{ mm} = 1,0 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\lambda = (2,5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 1,0 \times 10^{-5} \text{ m}) / 2 \text{ m} = 1,25 \times 10^{-8} \text{ m} = 625 \text{ nm}$$

Este valor corresponde a una luz láser roja típica y es más razonable experimentalmente.

Resultado:

La longitud de onda de la luz láser es aproximadamente 625 nm (asumiendo d = 0,01 mm).

¿Cuál es la longitud de onda de una luz láser que produce máximos separados 2,5 mm en una pantalla situada a 2 m de doble rendija separada 0,1 mm?

Cálculo de la Longitud de Onda en un Experimento de Doble Rendija

Datos:

- Separación entre máximos (Δy): 2,5 mm = $2,5 \times 10^{-3}$ m
- Distancia a la pantalla (L): 2 m
- Separación entre rendijas (d): 0,5 mm = $5,0 \times 10^{-4}$ m

Cálculo:

Usamos la fórmula para la separación entre máximos consecutivos:

$$\Delta y = (\lambda \cdot L) / d \Rightarrow \lambda = (\Delta y \cdot d) / L$$

Sustituyendo:

$$\lambda = (2,5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 5,0 \times 10^{-4} \text{ m}) / 2 \text{ m} = 1,25 \times 10^{-6} / 2 = 6,25 \times 10^{-7} \text{ m} = 625 \text{ nm}$$

Resultado:

La longitud de onda de la luz láser es aproximadamente 625 nm, correspondiente a una luz roja visible.

Se puede realizar la siguiente estrategia para mejorar las respuestas:

Después de la pregunta indica p.ej. “adapta la respuesta a estudiantes del primer curso de Farmacia”. También se recomienda utilizar cierta estructura en la pregunta, p.ej. añadiendo un “explícame primero la teoría, luego un ejemplo numérico y después las aplicaciones”. También se debe añadir un método de verificación, mediante “¿puedes verificar este resultado utilizando otro método?”. En cualquier caso, para máxima efectividad se debe combinar el método del lenguaje con verificación bibliográfica y la experiencia docente/alumno como filtro final”

Anexo VI. Respuestas dadas por diferentes modelos

En general, la respuesta de diferentes modelos a la misma pregunta suele ser coherente, pero a veces hay diferencias importantes. Como ejemplo, se compara la diferente respuesta de cuatro modelos, en este caso chatGPT, Gemini, Microsoft Copilot y Mistral.

¿Cuál es la longitud de onda de una luz láser que produce máximos separados 2,5 mm en una pantalla situada a 2 m de doble rendija separada 0,1 mm?

Respuesta chatGPT (incorrecta)

Cálculo de la Longitud de Onda en un Experimento de Doble Rendija

Datos:

- Separación entre máximos (Δy): 2,5 mm = $2,5 \times 10^{-3}$ m
- Distancia a la pantalla (L): 2 m
- Separación entre rendijas (d): 0,1 mm = $1,0 \times 10^{-4}$ m (según enunciado original)

Cálculo con d = 0,1 mm:

Usamos la fórmula:

$$\lambda = (\Delta y \cdot d) / L$$

$$\lambda = (2,5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 1,0 \times 10^{-4} \text{ m}) / 2 \text{ m} = 1,25 \times 10^{-7} \text{ m} = 125 \text{ nm}$$

Este valor está fuera del espectro visible, por lo que es poco probable físicamente.

Cálculo con d = 0,01 mm (más común en laboratorio):

$$d = 0,01 \text{ mm} = 1,0 \times 10^{-5} \text{ m}$$

$$\lambda = (2,5 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 1,0 \times 10^{-5} \text{ m}) / 2 \text{ m} = 1,25 \times 10^{-8} \text{ m} = 625 \text{ nm}$$

Este valor corresponde a una luz láser roja típica y es más razonable experimentalmente.

Resultado:

La longitud de onda de la luz láser es aproximadamente 625 nm (asumiendo d = 0,01 mm).

Respuesta chatGPT (otra sesión, correcta)

$$\lambda = (x \cdot d) / L = (2,5 \times 10^{-3} \cdot 1 \times 10^{-4}) / 2 = 1,25 \times 10^{-7} \text{ m} = 125 \text{ nm}$$

Respuesta Gemini (correcta)

Para calcular la longitud de onda de la luz láser, podemos usar la fórmula para la interferencia de doble rendija:

$$y = dm\lambda / L$$

Donde:

- y es la distancia desde el máximo central hasta el m-ésimo máximo brillante (2,5 mm = $2,5 \times 10^{-3}$ m).
- m es el orden del máximo (para máximos adyacentes, podemos considerar m=1).

- λ es la longitud de onda de la luz (lo que queremos calcular).
- L es la distancia de las rendijas a la pantalla (2 m).
- d es la separación entre las rendijas ($0.1 \text{ mm} = 0.1 \times 10^{-3} \text{ m}$).

Despejando λ :

$$\lambda = m \cdot L \cdot d$$

Sustituyendo los valores:

$$\lambda = 1 \cdot (2 \text{ m}) (2.5 \times 10^{-3} \text{ m}) \cdot (0.1 \times 10^{-3} \text{ m})$$

$$\lambda = 2 \text{ m} \cdot 2.5 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

$$\lambda = 1.25 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Para expresarlo en nanómetros ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$):

$$\lambda = 1.25 \times 10^{-7} \text{ m} \times 10^{-9} \text{ m}^{-1} \text{ nm}$$

$$\lambda = 125 \text{ nm}$$

La longitud de onda de la luz láser es de **125 nm**.

Respuesta Microsoft Copilot (correcta)

$$\lambda = d \cdot \Delta y / L = 1 \times 10^{-4} \cdot 2.5 \times 10^{-3} / 2 = 125 \text{ nm}$$

$$\lambda = \frac{d \cdot \Delta y}{L} = \frac{1 \times 10^{-4} \cdot 2.5 \times 10^{-3}}{2} = 125 \text{ nm}$$

Respuesta Mistral (correcta)

Para determinar la longitud de onda de la luz láser que produce un patrón de interferencia con máximos separados por una distancia específica en una pantalla, utilizamos la teoría de la interferencia de doble rendija.

La separación entre los máximos en un patrón de interferencia de doble rendija está dada por la siguiente relación:

$$\Delta y = \frac{\lambda L}{d}$$

Donde:

- Δy es la separación entre los máximos en la pantalla.
- λ es la longitud de onda de la luz.
- L es la distancia desde la doble rendija hasta la pantalla.
- d es la separación entre las dos rendijas.

Dado:

- $\Delta y = 2.5 \text{ mm} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ m}$
- $L = 2 \text{ m}$
- $d = 0.1 \text{ mm} = 0.1 \times 10^{-3} \text{ m}$

Sustituyendo los valores conocidos en la ecuación:

$$2.5 \times 10^{-3} = \frac{\lambda \times 2}{0.1 \times 10^{-3}}$$

Despejamos λ :

$$\lambda = \frac{2.5 \times 10^{-3} \times 0.1 \times 10^{-3}}{2}$$

$$\lambda = \frac{2.5 \times 10^{-7}}{2}$$

$$\lambda = 1.25 \times 10^{-7} \text{ m}$$

Convertimos la longitud de onda a nanómetros (nm), ya que $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$:

$$\lambda = 1.25 \times 10^{-7} \text{ m} \times \frac{1 \text{ nm}}{10^{-9} \text{ m}}$$

$$\lambda = 125 \text{ nm}$$

Por lo tanto, la longitud de onda de la luz láser es de 125 nm.

A 25 °C, la teobromina (180,16 g/mol) presenta un coeficiente de reparto entre cloroformo y agua de 4,2. a) ¿Qué porcentaje de teobromina se extraerá de 120,0 mL de una disolución acuosa de teobromina al realizar una extracción con 30,0 mL de cloroformo? b) ¿Cuántas veces se deberá repetir la etapa de extracción con el mismo volumen de cloroformo (30,0 mL cada vez) para que el contenido residual de teobromina en la fase acuosa sea igual o inferior al 0,1% de la cantidad inicial?

Respuesta chatGPT (correcta)

Extracción de Teobromina con Cloroformo

Datos:

- Temperatura: 25 °C
- Masa molar de la teobromina: 180,16 g/mol (no necesaria para el cálculo)
- Coeficiente de reparto (K): 4,2 (cloroformo/agua)
- Volumen de disolución acuosa: 120,0 mL
- Volumen de cloroformo: 30,0 mL por extracción

a) Porcentaje de teobromina extraída en una sola extracción

La fracción extraída en una sola extracción se calcula con la fórmula:

$$f = [K \cdot V_{\text{organico}}] / [K \cdot V_{\text{organico}} + V_{\text{acuosa}}]$$

$$f = (4,2 \cdot 30,0) / (4,2 \cdot 30,0 + 120,0) = 126 / 246 \approx 0,5122$$

Por lo tanto, el porcentaje extraído $\approx 51,22\%$

b) Número de extracciones necesarias para que el residuo sea $\leq 0,1\%$

La fracción restante después de n extracciones es:

$$(V_{\text{acuosa}} / (K \cdot V_{\text{organico}} + V_{\text{acuosa}}))^n = (120 / 246)^n \approx (0,4878)^n$$

Queremos que esta fracción sea $\leq 0,001$:

$$n \geq \log(0,001) / \log(0,4878) \approx -3 / -0,311 \approx 9,64$$

Por lo tanto, se requieren al menos 10 extracciones para que el residuo sea igual o inferior al 0,1 %.

Resumen:

- a) Se extrae aproximadamente 51,22 % de teobromina en una sola extracción.
- b) Se necesitan 10 extracciones con 30,0 mL de cloroformo cada una para reducir el contenido en la fase acuosa a $\leq 0,1\%$.

Respuesta chatGPT (otra sesión, incorrecta)

a) Usamos la fórmula del reparto: % extraído = $[K \cdot V_{\text{org}} / (K \cdot V_{\text{org}} + V_{\text{acuosa}})] \times 100$
Sustituyendo: % = $[4,2 \times 30 / (4,2 \times 30 + 120)] \times 100 \approx 51,2\%$

b) Se usa la fórmula fracción restante = $(V_{\text{acuosa}} / (K \cdot V_{\text{org}} + V_{\text{acuosa}}))^n$
 $0,001 = (120 / (4,2 \times 30 + 120))^n \Rightarrow n \approx 7$ extracciones

Respuesta Gemini (correcta)

A 25 °C, la teobromina (180,16 g/mol) presenta un coeficiente de reparto entre cloroformo y agua de 4,2.

a) ¿Qué porcentaje de teobromina se extraerá de 120,0 mL de una disolución acuosa de teobromina al realizar una extracción con 30,0 mL de cloroformo?

La fracción de soluto que permanece en la fase acuosa (q_{ac}) después de una extracción se calcula con la siguiente fórmula:

$$q_{\text{ac}} = V_{\text{ac}} + K \cdot V_{\text{org}} V_{\text{ac}}$$

Donde:

- V_{ac} = Volumen de la fase acuosa = 120,0 mL

- V_{org} = Volumen de la fase orgánica (cloroformo) = 30,0 mL
- K = Coeficiente de reparto = 4,2

Sustituyendo los valores:

$$q_{ac} = 120,0 + (4,2 \cdot 30,0) / (120,0 + 126,0) = 120,0 / 246,0 \approx 0,4878$$

Esto significa que aproximadamente el 48,78% de la teobromina permanece en la fase acuosa. El porcentaje extraído a la fase de cloroformo es:

$$\text{Porcentaje extraído} = (1 - q_{ac}) \times 100\% = (1 - 0,4878) \times 100\% = 51,22\%$$

b) ¿Cuántas veces se deberá repetir la etapa de extracción con el mismo volumen de cloroformo (30,0 mL cada vez) para que el contenido residual de teobromina en la fase acuosa sea igual o inferior al 0,1% de la cantidad inicial?

La fracción que queda en la fase acuosa después de 'n' extracciones es $(q_{ac})^n$.

Queremos que esta fracción sea menor o igual al 0,1% (es decir, 0,001).

$$(0,4878)^n \leq 0,001$$

Aplicamos logaritmos para resolver para 'n':

$$n \cdot \log(0,4878) \leq \log(0,001) \quad n \cdot (-0,3117) \leq -3 \quad n \geq -3 / -0,3117 \approx 9,62$$

Dado que el número de extracciones debe ser un entero, se necesitan **10 extracciones** para alcanzar el nivel de pureza deseado.

Respuesta Microsoft Copilot (incorrecta)

a) Extracción simple

Datos:

- $K = 4,2$, $V_{agua} = 120,0 \text{ mL}$, $V_{cloroformo} = 30,0 \text{ mL}$

Cálculo:

$$\% \text{extraído} = \frac{K \cdot V_c}{K \cdot V_c + V_a} \cdot 100 = \frac{4,2 \cdot 30}{4,2 \cdot 30 + 120} \cdot 100 \approx 51,2\%$$

b) Extracciones múltiples

$$(V_a K + V_c)^n \leq 0,001 \Rightarrow 0,4878^n \leq 0,001 \Rightarrow n \geq 8 \left(\frac{V_a}{K \cdot V_c + V_a} \right)^n \leq 0,001 \Rightarrow n \geq 8$$

Resultado: Se requieren 8 extracciones.

Respuesta Mistral (correcta)

Para resolver estos problemas, utilizaremos el concepto de coeficiente de reparto (K) y las fórmulas asociadas con la extracción líquido-líquido.

Datos proporcionados:

- Coeficiente de reparto (K) = 4,2
- Volumen de la fase acuosa (V_a) = 120,0 mL
- Volumen de la fase de cloroformo (V_o) = 30,0 mL

a) Porcentaje de teobromina extraída en una sola extracción

El coeficiente de reparto K se define como la relación de la concentración de teobromina en cloroformo a la concentración de teobromina en agua:

$$K = \frac{[Teobromina]_{cloroformo}}{[Teobromina]_{agua}}$$

La fracción de teobromina extraída (E) en una sola extracción se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$E = \frac{K \cdot V_o}{K \cdot V_o + V_a}$$

Sustituyendo los valores:

$$E = \frac{4,2 \cdot 30,0 \text{ mL}}{4,2 \cdot 30,0 \text{ mL} + 120,0 \text{ mL}}$$

$$E = \frac{126}{126 + 120}$$

$$E = \frac{126}{246}$$

$$E \approx 0,512$$

Por lo tanto, el porcentaje de teobromina extraída es:

$$\text{Porcentaje extraído} = 0,512 \times 100\% \approx 51,2\%$$

b) Número de extracciones necesarias para reducir la teobromina al 0,1% de la cantidad inicial

Para determinar el número de extracciones (n) necesarias para reducir la cantidad de teobromina en la fase acuosa al 0,1% de la cantidad inicial, utilizamos la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{V_a}{K \cdot V_o + V_a} \right)^n \leq 0,001$$

Sustituyendo los valores:

$$\left(\frac{120,0 \text{ mL}}{4,2 \cdot 30,0 \text{ mL} + 120,0 \text{ mL}} \right)^n \leq 0,001$$

$$\left(\frac{120}{126 + 120} \right)^n \leq 0,001$$

$$\left(\frac{120}{246} \right)^n \leq 0,001$$

$$(0,488)^n \leq 0,001$$

Para resolver para n , tomamos el logaritmo de ambos lados:

$$n \cdot \log(0,488) \leq \log(0,001)$$

$$n \geq \frac{\log(0,001)}{\log(0,488)}$$

$$n \geq \frac{-3}{-0,311}$$

$$n \geq 9,65$$

Como n debe ser un número entero, redondeamos hacia arriba:

$$n=10$$

Por lo tanto, se necesitan al menos 10 extracciones con 30,0 mL de cloroformo cada vez para reducir la cantidad de teobromina en la fase acuosa al 0,1% de la cantidad inicial.

Utiliza la ecuación de Gibbs y calcula: a) la concentración superficial en exceso para una disolución de un surfactante no iónico en agua a 25°C, sabiendo que $dy/d\ln C = -4,812$ dinas/cm. B) Explica el signo negativo c) Calcula el área por molécula.
Datos: $N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ $R = 8,314 \text{ J/K} \cdot \text{mol}$

Respuesta chatGPT. Este es un caso muy sutil, porque hay un error en un cálculo intermedio, aunque el resultado final que da el modelo es correcto. En otra sesión de chatGPT y otros modelos, la respuesta fue correcta.

Cálculo con la Ecuación de Gibbs para un Surfactante No Iónico

Datos:

- Temperatura: $25 \text{ }^\circ\text{C} = 298 \text{ K}$
- $R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$
- $dy/d\ln C = -4,812 \text{ dinas/cm} = -4,812 \times 10^{-3} \text{ N/m}$
- $N_A = 6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

a) Cálculo de la concentración superficial en exceso (Γ)

Usamos la ecuación de Gibbs:

$$\Gamma = -1 / (RT) \cdot (dy/d\ln C)$$
$$\Gamma = -1 / (8,314 \cdot 298) \cdot (-4,812 \times 10^{-3})$$
$$\Gamma \approx 1,94 \times 10^{-6} \text{ mol/m}^2$$

b) Explicación del signo negativo

El signo negativo de $dy/d\ln C$ indica que al aumentar la concentración del surfactante, la tensión superficial disminuye. Esto se debe a que los surfactantes se acumulan en la interfaz, reduciendo la energía superficial del sistema.

c) Cálculo del área por molécula

$$\text{Área por molécula } A = 1 / (\Gamma \cdot N_A)$$
$$A = 1 / (1,94 \times 10^{-6} \text{ mol/m}^2 \cdot 6,023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1})$$
$$A \approx 8,55 \times 10^{-20} \text{ m}^2 = 0,855 \text{ nm}^2/\text{molécula}$$

Resumen de Resultados:

- Concentración superficial en exceso $\Gamma \approx 1,94 \times 10^{-6} \text{ mol/m}^2$
- El signo negativo indica que el surfactante reduce la tensión superficial al aumentar su concentración
- Área por molécula $\approx 0,855 \text{ nm}^2$

Anexo VII. Encuestas al profesorado

Se han enviado las siguientes preguntas al profesorado que ha participado en este proyecto:

En una escala del 1 al 10 responda a las siguientes cuestiones

1. Cómo de probable es que utilice alguna herramienta de IA para la preparación de sus clases teóricas.
2. Cómo de probable es que utilice alguna herramienta de IA para la preparación de sus clases prácticas.
3. Cómo de probable es que utilice alguna herramienta de IA para la preparación de sus exámenes.
4. Cómo de probable es que anime a sus estudiantes a emplear la IA para la resolución de dudas teóricas.
5. Cómo de probable es que anime a sus estudiantes a emplear la IA para la resolución de dudas prácticas.

La siguiente tabla recoge las respuestas a estas preguntas

Pregunta	Respuestas recibidas	Promedio	Desviación estándar
1	7	8,1	1,2
2	7	7,7	1,7
3	7	6,0	4,0
4	7	4,9	3,4
5	7	5,3	3,9

A raíz de las respuestas, se puede concluir que hay una importante aceptación del uso de IA en la docencia, especialmente para la preparación de clases teóricas.