

Problemas de Fisicoquímica I

para Ciencias Biológicas y de la Salud

Rubicelia Vargas Fosada
Ana Ma. Martínez Vázquez
Jorge Garza Olguín



UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA



Rubicelia Vargas Fosada, estudió la Licenciatura y la Maestría en Química en la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa (UAM-I), en donde actualmente estudia el Doctorado en Ciencias. Por sus

calificaciones en la Maestría, la UAM le otorgó la Medalla al Mérito Universitario. Desde 1991 es Profesora Investigadora del área de Fisicoquímica Teórica del Departamento de Química de la UAM-I. Por su labor en la investigación teórica de reactividad química de átomos y moléculas fué aceptada como miembro del Sistema Nacional de Investigadores en 1993.

Interesada en la enseñanza de la Química, ha participado y ganado dos veces en el Concurso de Libros de Texto y Material Didáctico que organiza la UAM. Por el primer concurso (1992) publicó el libro *Problemario de Química I*, el cual ameritó una segunda edición.



Ana Martínez Vázquez, estudió la Licenciatura en Química en la UNAM. Su tesis profesional en Química Inorgánica recibió Mención Honorífica.

Posteriormente ingresó a la UAMI para estudiar la Maestría

en Química. Se hizo acreedora a la Medalla al Mérito Universitario.

Desde 1988 es Profesora Investigadora en el área de Fisicoquímica Teórica del Departamento de Química de la misma UAM-I en donde además, estudia el Doctorado en Ciencias.

En estos últimos años se ha dedicado, principalmente, a la investigación teórica de cúmulos metálicos, cuyos resultados han sido publicados en revistas internacionales especializadas. En 1993 ingresó al Sistema Nacional de Investigadores.

Preocupada por la educación en Química, ha publicado varios artículos en donde propone experiencias de cátedra para hacerla más amena. Ha sido ya ganadora del concurso de Libros de Texto y Material Didáctico por lo que su libro *Prácticas de Química Inorgánica* fue publicado en 1992.

Problemas de Fisicoquímica I
para Ciencias Biológicas
y de la Salud



Casa abierta al tiempo

Dr. Eduardo Peñalosa Castro

Rector General

Dr. José Antonio de los Reyes Heredia

Secretario General

Dr. Rodrigo Díaz Cruz

Rector

Dr. Andrés Francisco Estrada Alexander

Secretario

Dr. Jesús Alberto Ochoa Tapia

Director de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería

Mtro. Federico Bañuelos Bárcena

Coordinador de Extensión Universitaria

Lic. Adrián Felipe Valencia Llamas

Jefe de la Sección de Producción Editorial

Problemas de Fisicoquímica I para Ciencias Biológicas
y de la Salud: 2021

© UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA-IZTAPALAPA

Av. San Rafael Atlixco No. 186, Col. Vicentina, Del. Iztapalapa, C. P. 09340, CDMX,
México

ISBN Colección: 978-607-28-2107-1

ISBN Volumen: 978-607-28-2130-9

Problemas de Fisicoquímica I para Ciencias Biológicas y de la Salud

Rubicelia Vargas Fosada
Ana Martínez Vázquez
Jorge Garza Olguín

Primera edición: 1995

© UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD IZTAPALAPA
Av. Michoacán y La Purísima
Iztapalapa, 09340, México, D.F.

ISBN: 970-620-593-4

Impreso y hecho en México / *Printed in Mexico*

Indice

INTRODUCCIÓN	9
CONCEPTOS BÁSICOS	15
Objetivos	15
Problemas propuestos	16
Problemas resueltos	30
GASES	35
Objetivos	35
Problemas propuestos	36
Problemas resueltos	50
TERMODINÁMICA	55
Objetivos	55
Problemas propuestos	56
Problemas resueltos	71
CINÉTICA	75
Objetivos	75
Problemas propuestos	76
Problemas resueltos	88
Apéndice I	91
Apéndice II	95

INTRODUCCIÓN

El estudio de la biología históricamente hablando ha estado caracterizado por dos presupuestos tácitos. Uno es la idea en general de que los temas son más descriptivos respecto de las ciencias físicas, y el otro es la enorme cantidad de información detallada que como estudiante necesitas adquirir antes de poder describirte a ti mismo como biólogo. Esto ha llevado a que si eres un estudiante inclinado por las ciencias, pero que crees tener falta de habilidades matemáticas, decidas dedicarte a la investigación *anecdótica* de la biología antes que a cualquier otra disciplina científica. Sin embargo, es importante que sepas que en la actualidad, los avances revolucionarios de los conocimientos, resultado principalmente de las investigaciones a nivel de organización celular y subcelular, han mostrado que no puede mantenerse ninguno de los dos presupuestos. Los autores principales reconocen que uno de los objetivos más importantes de la biología es la descripción de los procesos vitales en términos físicos y químicos, y que sin la comprensión de los conceptos básicos de la fisicoquímica aplicada a los sistemas vivos, no se puede progresar más allá de la sola descripción de los acontecimientos. Con esto han concluido que es muy importante hacerte consciente de que la fisicoquímica es indispensable, y que las matemáticas son como la *condición física* necesaria para el desarrollo de cualquier ciencia.

Si queremos darte un curso en el que resalte la importancia de cada tema para algún caso biológico, deseando aumentar tu interés, y si además queremos enseñarte bien la fisicoquímica, sabemos que sólo podremos tener un buen resultado si tomamos en cuenta que es posible que tengas un miedo irrazonable por las matemáticas y logramos hacerte ver que las técnicas matemáticas que se utilizan no sobrepasan tu comprensión inmediata ni tu capacidad. Al tratar de hacerlo, el principal problema que enfrentamos es la escasez de textos de esta naturaleza. Los libros clásicos de fisicoquímica, indiscutiblemente buenos, contienen mucho material irrelevante para la bioquímica e ignoran las principales macromoléculas de los sistemas biológicos. Los cursos de fisicoquímica enseñados por fisicoquímicos producen a menudo resultados adversos, asustando a los estudiantes con su tendencia al tratamiento riguroso del tema y aburriéndolos por su falta de importancia aparente para la biología. También existen libros que desde su título "Fisicoquímica para Ciencias de la Vida" establecen que se dedicarán a estudiar problemas relacionados con las ciencias biológicas y de la salud. Desgraciadamente la mayoría de ellos discuten problemas biológicos funda-

mentales sólo a nivel elemental. Aunque no se justifica sí es entendible si reconocemos que los sistemas biológicos son más complicados porque tienen variables incontrolables.

Viendo la fisicoquímica como un conjunto de teorías, principios, métodos y experimentos necesarios para estudiar la naturaleza y que puede aplicarse al estudio de cualquier parte del Universo, lo único que la debe diferenciar cuando se dirige a ciencias biológicas y de la salud de cuando se hace para ciencias básicas e ingeniería, debería ser el tema de estudio y en ningún momento el nivel de conocimientos. Para un ingeniero químico es importante conocer el proceso que ocurre en un reactor dentro de una planta industrial mientras que para un biólogo es relevante hacerlo en un sistema vivo, y, a pesar de que la fisicoquímica es la misma, el enfoque es muy diferente y por lo tanto, los cursos que se preparan para unos y otros estudiantes deben ser distintos. Ser diferente implica que un ingeniero químico estudia la eficiencia energética en una fábrica de pinturas mientras que un bioquímico lo hace en el cuerpo humano, y que mientras el ingeniero estudia pistones, el biólogo estudia pulmones, tomando diversas variables en cada caso. Tan importante es un fenómeno como el otro, y el nivel de los estudiantes que toman ambos cursos es esencial que sea el mismo. Los sistemas biológicos pueden ser más complejos, pero hay formas de simplificarlos o modelarlos para poder estudiarlos.

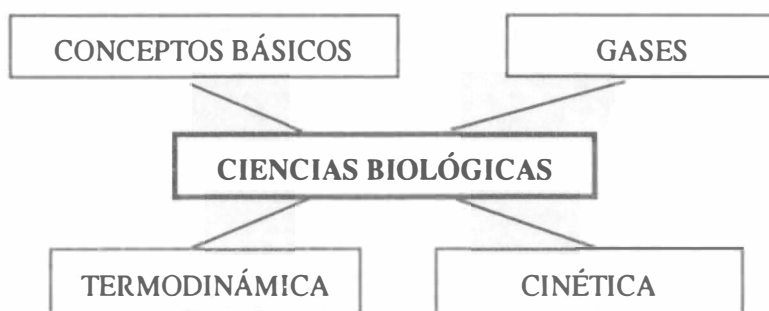
Si no existen libros de texto de esta naturaleza es porque la empresa no es sencilla. Llegar a un justo equilibrio entre interés, información, formación y aplicarlo a sistemas biológicos sin caer en problemas de una complejidad irresoluble parece casi imposible. Sin embargo, recientemente han comenzado a aparecer textos con estas características, que están elaborados por científicos con gran tradición en el área de ciencias biológicas y de la salud. Es claro que un libro con estas peculiaridades sólo pueden escribirlo quienes conozcan en gran medida problemas de estas áreas. Como este enfoque es reciente, el material de apoyo que existe para un curso de éstos es escaso, y por eso surge la idea de realizar este problemario. Además de seguir buscando y desarrollando libros de texto tenemos que elaborar material de ayuda que siempre es bienvenido por profesores y estudiantes.

Este material ha sido pensado para estudiantes de fisicoquímica que, como tú, estudian carreras relacionadas con las ciencias biológicas y de la salud. En cada problema se da información adicional, queriendo interesarte e ilustrarte los puntos que pueden aplicarse en diversos campos. El curso para el cual servirá de ayuda este material está estructurado pensando en que estás inscrito en alguna de las siguientes licenciaturas: ingeniería en alimentos, biología experimental, bioquímica, hidrobiología y producción animal.

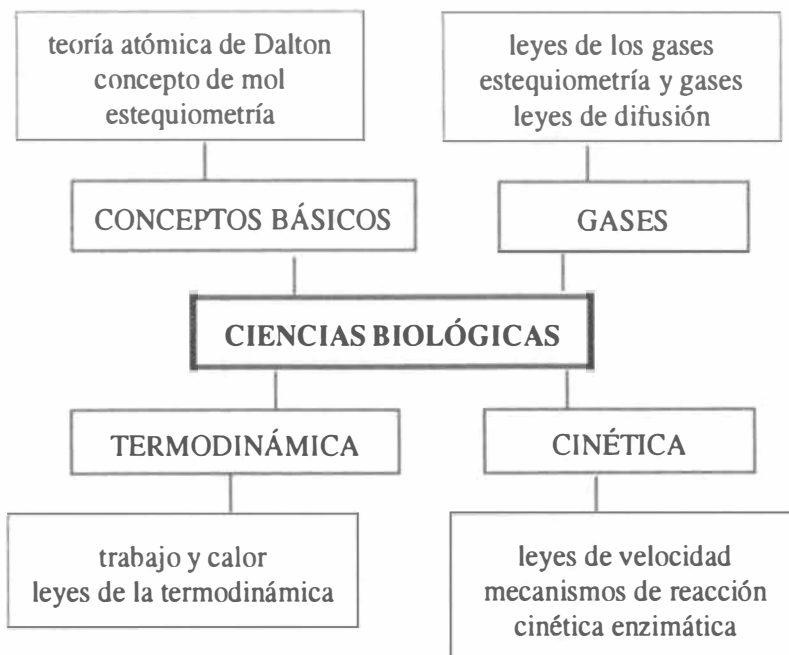
Esta asignatura es parte del tronco general que debe cursarse. La temática principal es:

CIENCIAS BIOLÓGICAS

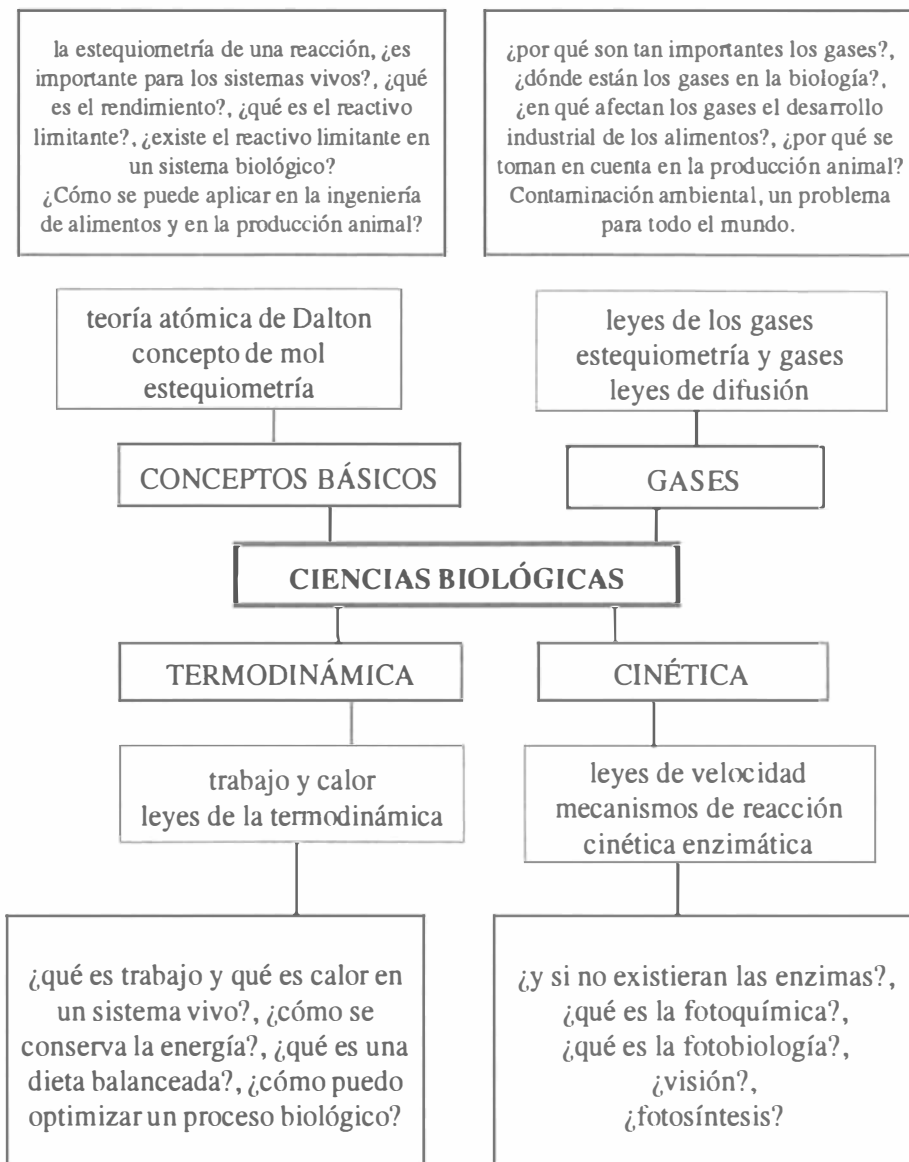
con cuatro temas globales alrededor de ella:



que a su vez se dividen en subtemas:



La idea principal de un curso de esta naturaleza es que el estudio de esos temas y subtemas, alrededor de una temática principal, nos permita encontrar respuesta a diversas preguntas, como:



Con esta idea se puede cubrir un curso dirigido a ciencias biológicas, tratando de hacerte ver que, si bien las ciencias han ayudado a un mejoramiento en la calidad de vida del ser humano, también han contribuido a su deterioro. El impacto de la fisicoquímica en las ciencias biológicas puede verse desde las aplicaciones en la medicina, provocando cierta longevidad, hasta en la agricultura, incrementado la producción de alimentos necesaria para sostener a las poblaciones crecientes. La importancia que actualmente se le da a la ecología, al medio ambiente, a la crisis de los energéticos, al enorme número de personas que habitamos en el planeta, al gran número de recursos materiales utilizados para elevar el nivel de vida, y a las modificaciones ambientales de gran peligro que esto ha provocado, es producto de un mejor entendimiento de lo que ocurre con las ciencias biológicas, apoyadas cada vez más en la fisicoquímica. El conocimiento y el control de los cambios que se verifican a gran escala en un sistema tan complejo como el de la biósfera terrestre constituye un reto de grandes proporciones. El papel en la investigación para disminuir los riesgos que producen los productos de desperdicio y el desarrollo de nuevas tecnologías para usar fuentes nucleares, solares y vegetales en la obtención de recursos energéticos es responsabilidad de todos. Esto tendría que estar permeado en los cursos que se imparten para quien algún día se dedicará a las ciencias. Mientras se elaboran libros de texto de acuerdo con esta filosofía, lo cual puede tardar muchos años, todo material de apoyo como éste es necesario.

Aquí presentamos problemas que contienen información importante que puede interesarte. Con esto, además, quisiéramos que disfrutaras la lectura, y aunque sí puede representar una complicación adicional, porque los datos son menos evidentes, el problema en sí es más real, ya que en la vida cotidiana rara vez se te presentan asuntos donde claramente descubres cuáles son las interrogantes.

Tener a tu disposición un material de apoyo como éste representa muchas ventajas porque te permite familiarizarte con la mecánica operacional de la fisicoquímica. Es claro que si tan sólo aprendes a resolver mecánicamente los problemas no estás adquiriendo una formación, pero si desarrollas esa habilidad, que te permitirá también solucionar asuntos de otro tipo, y te ayudará a obtener la maduración necesaria para continuar tus estudios. Sin tratar de ser demasiado ambiciosos, porque no se busca que realices además una investigación, en algunas ocasiones se te solicitará que consultes la bibliografía. Así empezarás a conocerla. Todos los problemas han sido resueltos cuidadosamente, por nosotros y por los discípulos de dos grupos para los cuales está dirigido este curso. La respuesta se incluye al final de cada uno de ellos con la idea de poder comprobar los resultados de algunos de ellos se

presenta su solución detallada. Además se hizo una clasificación del grado de dificultad que tiene cada pregunta. Aquellos problemas marcados con un asterisco son los más sencillos, mientras que los que tienen tres son los más difíciles. Se pensó que era mejor no acomodarlos en orden de complejidad pero sí decirte la dificultad con la que te enfrentas.

También contiene dos apéndices: uno con las tablas de valores que utilizas, y el otro con las matemáticas elementalmente necesarias para el curso. Cada capítulo tiene al inicio una lista de los objetivos que se persiguen.

Finalmente, con todo este material creemos y queremos que te motives por la fisicoquímica y además tratamos de ayudarte a aprenderla. Con toda la información adicional que cada problema posee, quizás podamos promover, además de la habilidad necesaria para resolverlos, una idea de la responsabilidad que como científicos tenemos en nuestras manos.

CONCEPTOS BÁSICOS

OBJETIVOS

- ▣ Definir y utilizar la constante de Avogadro.
- ▣ Manejar el concepto de Mol y de masa molar.
- ▣ Determinar la fórmula mínima y molecular a partir del análisis elemental y la composición centesimal.
- ▣ Determinar la composición centesimal de un compuesto a partir de su fórmula mínima o molecular.
- ▣ Establecer la Ley de la Conservación de la Materia.
- ▣ Describir una reacción a través de su ecuación química.
- ▣ Manejar las relaciones estequiométricas para resolver cálculos basados en ecuaciones químicas.
- ▣ Definir cantidades estequiométricas.
- ▣ Identificar y manejar el reactivo limitante.
- ▣ Calcular el rendimiento de una reacción.

PROBLEMAS PROPUESTOS

Problema 1 (*)

Los antibióticos son compuestos químicos sintetizados por ciertos microorganismos. Se conocen como bactericidas, a quienes matan organismos, y bacteriostáticos, a los que controlan su diseminación. El más famoso y el que se usa con más frecuencia es la penicilina, descubierta en 1929 por Alexander Fleming. A partir del descubrimiento de la penicilina se han encontrado numerosos antibióticos, muchos de los cuales se producen en el suelo por acción de los microorganismos. La cloromicetina es un antibiótico que se aisló del suelo venezolano, cuya fórmula es $C_{11}H_{12}O_5N_2Cl_2$. En una tableta que contiene 100 mg de cloromicetina, ¿cuántas moléculas de este compuesto hay?

Respuesta:

1.87×10^{20} moléculas

Problema 2 (**)

Muchas suspensiones que son utilizadas como antiácidos contienen $Al(OH)_3$. Calcular el número de átomos de H, de O y de Al que están contenidos en 250 g de alguna suspensión.

Respuesta:

1.93×10^{24} átomos de Al, 5.79×10^{24} átomos de O y 5.79×10^{24} átomos de H

Problema 3 (*)

La marihuana es una droga que se prepara con las hojas, los tallos, las semillas y las flores trituradas de la planta denominada Cannabis (cáñamo). Se conoce desde hace muchos siglos y su uso estaba limitado principalmente a los países del lejano y el Medio Oriente, hasta bien entrado este siglo. Por lo general se fuma o se ingiere en alimentos y bebidas. El ingrediente activo de la marihuana es el tetra-carbinol $C_{21}H_{30}O_2$. 25 μ g de esta sustancia son sufi-

cientes para producir intoxicación. En esta cantidad de tetracarbinol, calcula el número de moléculas.

Respuesta:

4.79×10^{16} moléculas

Problema 4 (*)

Los carbohidratos entran en la sangre en forma de azúcar. Una porción de los carbohidratos que se digieren se convierten en glucógeno (almidón del cuerpo) y se almacena en el hígado y los músculos. Son la principal fuente de energía del organismo. En general tienen la fórmula $(CH_2O)_n$, donde el valor de n varía dependiendo de si se trata de un mono, un di, o un polisacárido. Si la masa molar de un carbohidrato es de 90 g/mol, calcula el valor de n .

Respuesta:

$n=3$

Problema 5 (*)

Las enzimas son indispensables para los procesos bioquímicos que se llevan a cabo en los organismos vivos. Sin embargo, pueden actuar como venenos si están en el lugar inadecuado. Varios tipos de venenos de serpientes, abejas y alacranes deben su poder letal a enzimas que destruyen glóbulos rojos y otros tejidos. La histamina $(C_5H_7N_2)NH_2$ forma parte del veneno que inoculan las abejas al picar. ¿Cuál es la fórmula mínima y cuál es su composición porcentual?

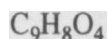
Respuesta:

Composición: 54.1 % de C, 8.1 % de H y 37.8 % de N

Problema 6 (*)

La aspirina es el ácido acetilsalicílico. Tiene un efecto analgésico (quita el dolor) y antipirético (reduce la fiebre), además de que se utiliza en el tratamiento de la artritis. El uso prolongado puede producir trastornos intestinales y estomacales. Es tóxica en dosis elevadas y puede llegar a producir la muerte. Su uso durante el embarazo no está permitido. La composición porcentual de la aspirina es 60% de carbono, 4.44% de hidrógeno y el resto es oxígeno. Su masa molar es de 180 g/mol. Con los datos anteriores, determina la fórmula molecular de la aspirina.

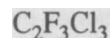
Respuesta:



Problema 7 (*)

Los CFAs (clorofluoro alcanos) son alcanos parcial o totalmente clorados y/o fluorados, son indispensables para el transporte de alimentos en tráilers y para la conservación de víveres en los supermercados ya que se usan para la refrigeración. Sin embargo, su uso industrial contribuye a la destrucción de la capa de ozono. El análisis de un CFAs muestra que contiene 12.8% de C, 30.4% de F y 56.8% de Cl. Encuentra la fórmula mínima.

Respuesta:



Problema 8 (**)

Algunas proteínas que se encuentran en los hongos de la madera contienen cobre en aproximadamente 0.39%. ¿Cuántos átomos de cobre están contenidos en 300 g de una de estas proteínas?

Respuesta:

$$1.11 \times 10^{22} \text{ átomos}$$

Problema 9 ()**

Dosis altas de calcio pueden ayudar a las mujeres que sufren de problemas agudos durante la menstruación. La dosis diaria recomendada es de 0.6 a 1.3 g de calcio. El porcentaje de calcio presente en la leche es 0.27%. Si esta fuera la única fuente de calcio, ¿cuántos mililitros de leche diarios se tendría que tomar una mujer para ingerir el mínimo de la dosis recomendada? La densidad de la leche es de 0.97 g/mL.

Respuesta:

230 mL

Problema 10 (*)**

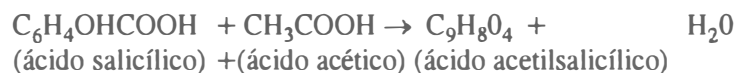
La clorofila es el principal pigmento en la captación de la luz en las células verdes. Su molécula tiene una estructura compleja. El análisis químico de la clorofila muestra que contiene 2.72% en masa de Mg. Además se sabe que por cada molécula de clorofila hay un átomo de magnesio. Con estos datos, calcular la masa molar de la clorofila.

Respuesta:

893.4 g/mol

Problema 11 (*)

Si la reacción de obtención de la aspirina es:



¿Cuántas tabletas se podrán obtener a partir de 100 g de ácido salicílico y 100 g de ácido acético, si una tableta de aspirina contiene 0.5 g de ácido acetilsalicílico? ¿Cuántas moles de ácido acetilsalicílico hay en cada tableta de aspirina?

Respuesta:

260 tabletas; 2.78×10^{-3} moles por cada tableta

Problema 12 (*)**

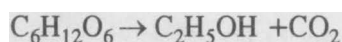
El agua oxigenada (H_2O_2) es un producto muy utilizado en enfermería y cosméticos. Se descompone por efecto de una enzima que está presente en la sangre, produciendo grandes cantidades de oxígeno molecular. El poder desinfectante del agua oxigenada se debe a la acción oxidante sobre las bacterias del oxígeno producido. Si para desinfectar una herida se necesitan 25 moles de oxígeno (O_2) ¿cuántos mililitros de H_2O_2 se requieren si se considera que la densidad del agua oxigenada es prácticamente 1 g/mL y se sabe que al descomponerse libera la mitad del oxígeno que posee?

Respuesta:

1.7 L

Problema 13 ()**

Una forma de obtener alcohol etílico, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, es fermentando frutas que contengan glucosa, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. La reacción de fermentación es la siguiente:



¿Qué masa de alcohol etílico se puede obtener con la fermentación de 3 kg de manzanas? Las manzanas contienen 13% de glucosa.

Respuesta:

199.3 g

Problema 14 ()**

Los carbohidratos se descomponen en el estómago en glucosa, $C_6H_{12}O_6$. La glucosa es soluble en la sangre, ésta la transporta a las células, donde reacciona con el O_2 que respiramos produciendo CO_2 y H_2O .

a) Escribe la ecuación balanceada de la reacción de la glucosa con el oxígeno.

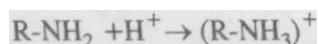
b) ¿Qué masa de oxígeno se necesita para consumir 120 mg de glucosa?

Respuesta:

b) 0.128 g

Problema 15 (*)

El olor a pescado es debido a la presencia de aminas, $R-NH_2$. Para eliminarlo se utiliza jugo de limón (que contiene H^+), con el cual forma una especie soluble en agua, según la siguiente reacción:



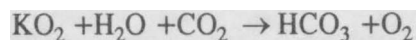
Si se tienen 10 ml de jugo de limón con una concentración de H^+ de 2×10^{-2} M y se quiere eliminar el equivalente a 0.5 moles de amina ¿se podrá realizar?

Respuesta:

No

Problema 16 ()**

Las mascarillas de oxígeno que se utilizan en situaciones de emergencia contienen KO_2 (superóxido de potasio) que reacciona con el CO_2 y el agua del aire exhalado para dar oxígeno, según la siguiente reacción:



Considerando que una persona exhala 0.95 kg de CO_2 por día y que una mascarilla contiene 100 g de KO_2 , ¿cuántos minutos podrá ser utilizada?

Respuesta:

94 min.

Problema 17 (*)

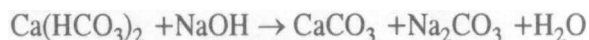
Cuando una persona consume drogas continuamente, desarrolla en ocasiones una dependencia física. En el caso de drogas, como la morfina, la dependencia es muy fuerte, y suprimir la administración del fármaco produce lo que se conoce como *enfermedad de supresión*. Los efectos de esta enfermedad pueden ser tan intensos que resultan intolerables e incluso ponen en peligro la vida de la persona. Una forma de curar la adicción a la morfina se basa en sustituirla por una droga sintética, la metadona, la cual se desarrolló durante la Segunda Guerra Mundial en Alemania, donde la escasez en el abastecimiento de morfina hizo imperativo el uso de sustitutos baratos. Sus efectos son semejantes a los de la morfina, pero la *enfermedad de supresión*, aunque es más prolongada, es menos intensa y por tanto más soportable. Si una persona consume 400 mg de morfina ¿cuántos mg de metadona tiene que consumir para sentir los mismos efectos? Supóngase que el efecto de 1 mol de morfina es igual al de 1 mol de metadona.

Respuesta:

0.48 g

Problema 18 ()**

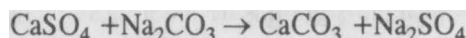
Algunas aguas de ríos, al ser utilizadas para lavar no hacen espuma debido a su alto contenido salino, sobre todo de carbonatos, bicarbonatos y sulfatos de calcio y magnesio. Esas aguas se llaman *aguas duras*. Eliminar la dureza del agua es parte del tratamiento de las aguas utilizadas en calderas o generadores de vapor. Un tratamiento eficaz consiste en utilizar hidróxidos de sodio (NaOH) y de calcio (Ca(OH)₂). La llamada dureza temporal proviene de los bicarbonatos y puede eliminarse mediante la siguiente reacción:



Además, el hidróxido de calcio transforma al MgSO_4 , que es el principal causante de la dureza permanente, en CaSO_4 según la siguiente reacción:



A su vez, el CaSO_4 formado más el que pueda existir en el agua, se eliminan al reaccionar con el carbonato de sodio (Na_2CO_3) formado, como se aprecia a continuación



Si se desea tratar las aguas de un río para que puedan ser utilizadas en calderas, y se sabe que por metro cúbico de agua se tiene:

$$\text{Ca(HCO}_3)_2 = 1.8 \times 10^2 \text{ g/m}^3, \text{MgSO}_4 = 20 \text{ g/m}^3 \text{ y } \text{CaSO}_4 = 15 \text{ g/m}^3$$

¿Cuánto NaOH y Ca(OH)_2 se tiene que agregar para eliminar por completo la dureza del agua?

Respuesta:

88.83 g de NaOH y 12.31 g de Ca(OH)_2

Problema 19 (*)

Los barbitúricos forman un grupo de fármacos depresores del Sistema Nervioso Central. Producen una sensación de tranquilidad y relajamiento. Por otro lado, las anfetaminas son fármacos que estimulan la actividad mental y física por su acción también en el Sistema Nervioso Central. Si suponemos que un barbitúrico como el barbitol actúa en la misma proporción que una anfetamina como la bencedrina quiere decir que 1 mol de barbitol nos deprimirá el Sistema Nervioso Central, en la misma cantidad que nos lo estimulará 1 mol de bencedrina. Bajo estas condiciones, si una persona consume 400 mg de barbitol y 450 mg de bencedrina, al final ¿se estimula o se deprime?

Respuesta:

Se estimula

Problema 20 (**)

La nicotina constituye por lo menos el 75% de los alcaloides presentes en el tabaco. La síntesis de este alcaloide incluye en sus últimas etapas la siguiente reacción:



¿Cuántos gramos de nicotina se pueden obtener a partir de 50 g de nicotina ($\text{C}_9\text{N}_2\text{H}_{12}$), y 50 g de yoduro de metilo (ICH_3)? ¿Cuánto NaOH se necesita?

Respuesta:

Se pueden obtener 55.1 g de nicotina y se necesitan 13.6 g de NaOH

Problema 21 (*)

El monóxido de carbono (CO) se combina en forma reversible con la hemoglobina para formar la carboxihemoglobina. Esto trae como consecuencia dos efectos importantes. Primero, cierto número de sitios de unión para el oxígeno están ocupados, por lo que la capacidad de transporte de oxígeno disminuye. Segundo, la unión de una o más moléculas de CO a una molécula de hemoglobina aumenta la afinidad de los grupos hemo sobrantes por el oxígeno. Esto afecta seriamente la capacidad de la hemoglobina para liberar el oxígeno en los tejidos. Si la afinidad del CO por la hemoglobina es alrededor de 250 veces mayor que la del O_2 , necesitaríamos administrar 250 veces más O_2 que el CO inhalado. Sabiendo esto, ¿qué cantidad de oxígeno necesitamos administrar a una persona que ha inhalado 280 g de CO?

Respuesta:

80 kg

Problema 22 (*)

La clara de huevo es una solución casi pura de proteínas biológicamente activas como enzimas, inhibidores o anticuerpos. Su función primordial es la

de proteger al embrión contra factores microbianos. Una de las proteínas presentes es la lisozima, que es una enzima que provoca la *lisis* (disolución) de ciertos microorganismos al romper polímeros de carbohidratos hallados en su pared celular. Su masa molar es de 13 900 g/mol. Si se disuelven 60 g de lisozima en 800 g de agua, ¿cuál será la concentración en molaridad?

Respuesta:

$$5.4 \times 10^{-3} \text{ M}$$

Problema 23 (*)

Los azúcares dobles (disacáridos), tienen todos la misma fórmula molecular, y pueden considerarse constituidos por dos azúcares simples unidos mediante la pérdida de una molécula de agua. Tanto el azúcar de caña como el de remolacha son sacarosa, combinación de una molécula de glucosa y una de fructosa. Algunos sueros que se dan a los enfermos son una solución 0.146 M de sacarosa, cuya masa molar es 342 g/mol. Si se quieren preparar tres cuartos de litro de suero, ¿qué cantidad de sacarosa es necesaria?

Respuesta:

$$37.5 \text{ g}$$

Problema 24 (**)

El disacárido más importante, ampliamente difundido en la naturaleza, es la sacarosa. Se le encuentra en su estado libre en todos los vegetales fotosintetizadores, y constituye el disacárido principal en la dieta de los animales. La actual producción mundial de sacarosa es de 80 millones de toneladas anuales, extrayéndose una tercera parte de la remolacha azucarera y dos terceras partes de la caña de azúcar. Una solución de 805 g de sacarosa por litro, tiene una densidad de 1.3 g/ml. Determina la molaridad y la fracción molar de la sacarosa en esa solución.

Respuesta:

2.35 M ; fracción mol =0.08

Problema 25 (*)

El número de carbohidratos en la naturaleza es realmente prodigioso. De un modo u otro constituyen menos de la mitad de la materia orgánica de la superficie terrestre. La mayor parte de los vegetales se encuentra compuesta por carbohidratos, mientras que el reino animal sólo contiene una cantidad limitada de ellos. Para el ser humano en particular son una importante fuente de energía, misma que obtiene a través de la oxidación metabólica realizada en las células del cuerpo. El resultado neto de la oxidación metabólica de la glucosa puede resumirse en:



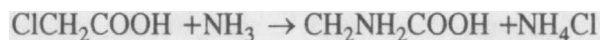
Si de este proceso se obtienen 100 g de H_2O , ¿cuántos gramos de glucosa y oxígeno se utilizaron?

Respuesta:

167 g de glucosa y 177.8 g de oxígeno

Problema 26 ()**

Las proteínas son polímeros muy complejos, presentes en todo tipo de materia viva: vegetales, animales y microorganismos, Su importancia para la vida fue reconocida intuitivamente desde hace muchos años. El nombre proteína, que significa lo más importante, fue sugerido por Berzelius y empleado por vez primera por Mulder, químico holandés, en 1838. A pesar de su complejidad e inmensa diversidad, todas las proteínas conocidas se componen básicamente de sólo 20 unidades estructurales, los llamados aminoácidos esenciales. El cuerpo humano sintetiza proteínas a partir de los aminoácidos de las células. La glicina es el aminoácido más sencillo y se puede sintetizar en el laboratorio a partir del ácido cloroacético (ClCH_2COOH), y del amoníaco (NH_3), según la siguiente reacción:



Si se tienen 450 g de ácido cloroacético y 150 g de amoníaco, ¿cuántos gramos de glicina se pueden obtener si la reacción tiene un rendimiento del 80%?

Respuesta:

264.6 g

Problema 27 (**)

Un análisis típico indica que la manzana contiene entre otras sustancias:

proteínas	=0.2 % en peso
grasas	=0.8 % en peso
carbohidratos	=29.2 % en peso

El mismo tipo de análisis reveló que el plátano contiene:

proteínas	=1.3 % en peso
grasas	=0.6 % en peso
carbohidratos	=21.0 % en peso

Una persona tiene que sustituir una dieta diaria de 200 g de manzana por plátanos. Si desea mantener la misma dosis diaria de proteínas, ¿cuántos gramos de plátano debe comer al día? Con esa cantidad de plátano ingerida, ¿aumenta o disminuye la ingestión de grasas y carbohidratos respecto de lo que se ingería con la manzana?

Respuesta:

30.8 g de plátano, la ingestión de grasas disminuye.

Problema 28 (*)

Los compuestos orgánicos que no son proteínas, carbohidratos y grasas, y que se requieren en la dieta para reacciones metabólicas específicas, se conocen como vitaminas. Los seres humanos no podemos sintetizar las vitaminas, por lo que las tomamos de los alimentos, donde están de forma natural. La deficiencia vitamínica puede causar algún padecimiento. El químico Linus Pauling, ganador del premio Nobel, inició en 1970 una gran

controversia médica, cuando sostuvo que las dosis masivas de vitamina C podían prevenir o combatir el resfriado común. Sugirió que los individuos tenían una necesidad variable de dicha vitamina y recomendó una dosis de 0.25 a 10 g diarios. Muchos médicos criticaron esta idea y afirmaron que las dosis masivas de vitamina C no podían ayudar a evitar los resfriados, pero en cambio podían causar otras complicaciones. Actualmente se cree que el exceso de vitamina C es eliminado por el cuerpo. Si el margen diario recomendado de vitamina C es de 90 mg, significa que esta cantidad es la que se puede metabolizar.

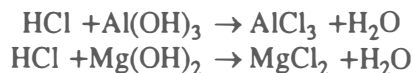
Sabiendo esto, ¿cuántas moles de vitamina C se eliminan cuando se ingiere la dosis diaria sugerida por Pauling?

Respuesta:

9.1×10^{-4} moles

Problema 29 (***)

Una persona que padezca de úlcera duodenal puede llegar a tener una concentración de ácido clorhídrico (HCl) igual a 7.69×10^{-2} M en el jugo gástrico. Sabiendo que se secretan aproximadamente 3 litros diarios de jugo gástrico, ¿cuántos gramos de HCl recibe su aparato digestivo? Si una persona sigue un tratamiento con tabletas compuestas por hidróxido de aluminio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) y otra con tabletas que contienen hidróxido de magnesio ($\text{Mg}(\text{OH})_2$), calcula el número de tabletas que ingerirá diariamente cada paciente. Si cada tableta tiene una masa de 0.5 g y las reacciones que se llevan a cabo son:



Respuesta:

8.42 g; 12 tabletas de $\text{Al}(\text{OH})_3$ y 19 tabletas de $\text{Mg}(\text{OH})_2$

Problema 30 (*)

El mar es el hábitat de una increíble cantidad de vida animal y vegetal. En realidad se trata de una gigantesca solución de iones y otras sustancias. Gran parte de los constituyentes disueltos del agua de mar son iones y los estudios han demostrado que al parecer, se producen sólo pequeñas variaciones en las cantidades relativas de dichos iones. Los principales constituyentes del agua de mar típica son (en gramos por kilogramo de agua de mar): ion sodio 10.76; ion magnesio 1.294; ion calcio 0.413; ion potasio 0.387; ion estroncio 0.008; ácido bórico 0.004; nitrógeno 0.10; oxígeno 0.007; bióxido de carbono 0.6; ion cloruro 19.353; ion sulfato 2.712; ion carbonato de hidrógeno 0.142; ion bromuro 0.067; ion fluoruro 0.001 y ion yoduro 0.00006.

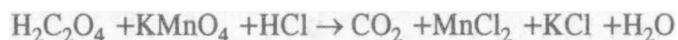
Expresa la concentración de todas las especies en molaridad. La densidad del agua de mar es 1.3 g/mL.

Respuesta:

0.61 M de Na^+ ; 0.07 M de Mg^{2+} y 0.01 M de Ca^{2+}

Problema 31 (*)**

El ion oxalato ácido (HC_2O_4^-) es tóxico debido a que precipita el calcio ionizado. Por otra parte, el ácido oxálico ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) es un fuerte corrosivo. Cuando se ingiere el ácido oxálico, un posible antídoto consiste en tomar permanganato de potasio (KMnO_4), que produce la siguiente reacción en presencia del ácido clorhídrico que hay en el medio estomacal:



Si una persona ingiere 10 gramos de ácido oxálico y se trata con 15.5 g de permanganato de potasio, ¿se salva o muere?

Respuesta:

Se salva

Problema 32 (*)

En la búsqueda de edulcorantes, pero que no aumentaran necesariamente el peso de la persona que las consumía, se descubrió hace más de un siglo la sacarina. De esta, hace poco, se dijo que podría producir cáncer, y aun cuando las cantidades que una persona tiene que ingerir para que eso ocurra sean exageradamente altas y fuera de toda lógica, la gente empezó a dejar de consumirla. Se siguió buscando y se encontró el aspartame, que no es más que un dipéptido formado por fenilalanina metilada y ácido aspártico. El aspartame es 200 veces más dulce que el azúcar común, lo que ha llevado a pensar en usar proteínas y no tan solo azúcares cuando de endulzantes se trate. Si un sobrecito de Canderel, (conocida marca de edulcorante) contiene 0.0375 g de aspartame, cuya masa molar es 335 g/mol, ¿Cuántos gramos de sacarina tienes que tomar para obtener la misma cantidad en moles que tendrías en un sobre de Canderel?

Respuesta:

0.02 g

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema 10 (***)

La clorofila es el principal pigmento en la captación de la luz en las células verdes. Su molécula tiene una estructura compleja. El análisis químico de la clorofila muestra que contiene 2.72% en masa de Mg. Además se sabe que por cada molécula de clorofila hay un átomo de magnesio. Con estos datos, calcular la masa molar de la clorofila.

Solución:

Sabemos que $m = n \cdot MM$ (donde m es la masa, n el número de moles y MM la masa molar), esto significa que para determinar la masa molar de cualquier compuesto deben conocerse m y n . En este caso

$$MM_{\text{Clorofila}} = m_{\text{Clorofila}} / n_{\text{Clorofila}} \quad (1)$$

En este problema se menciona que la clorofila contiene 2.72 % en masa de magnesio, escogemos por conveniencia $m_{\text{Clorofila}} = 100 \text{ g}$. Así en 100 g de clorofila tendremos 2.72 g de Mg. Además la relación entre moléculas de clorofila y átomos de magnesio es de 1:1, que es la misma relación entre moles, es decir:

$$n_{\text{Magnesio}} = n_{\text{Clorofila}} \quad (2)$$

De esta manera, si se sabe el número de moles de magnesio se sabrá el de clorofila. El número de moles de magnesio se puede conocer por:

$$n_{\text{Magnesio}} = m_{\text{Magnesio}} / MM_{\text{Magnesio}} \quad (3)$$

En 100 g de clorofila

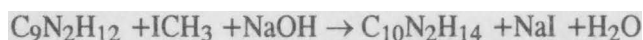
$$n_{\text{Magnesio}} = 2.72 \text{ g} / 24.3 \text{ g/mol} = 0.112 \text{ mol} = n_{\text{Clorofila}}$$

Sustituyendo $m_{\text{Clorofila}}$ y $n_{\text{Clorofila}}$ en (1)

$$MM_{\text{Clorofila}} = 893.4 \text{ g/mol}$$

Problema 20 (**)

La nicotina constituye por lo menos el 75% de los alcaloides presentes en el tabaco. La síntesis de este alcaloide incluye en sus últimas etapas la siguiente reacción:



¿Cuántos gramos de nicotina se pueden obtener a partir de 50 g de normicotina ($\text{C}_9\text{N}_2\text{H}_{12}$), y 50 g de yoduro de metilo (ICH_3)? ¿Cuánto NaOH se necesita?

Solución:

En todos los problemas de estequiometría, como en éste, lo primero que hay que revisar es que la reacción esté balanceada, antes de empezar a hacer cualquier cálculo o relación. Para hacerlo se cuenta el número de átomos de

cada especie en ambos lados de la ecuación el cual debe coincidir. En esta reacción

Reactivos	Átomo	Productos
10	C	10
02	N	02
16	H	16
01	O	01
01	Na	01
01	I	01

El número de átomos es el mismo en reactivos y productos, por lo que esta reacción está balanceada. Si esto no sucede tendrás que recurrir a algún método de balanceo.

Una vez hecho esto, el problema nos pide calcular la masa de nicotina, tenemos 50 g de dos de los reactivos, ¿cuál se debe utilizar para resolver el problema? La respuesta es el Reactivo Limitante (RL), el cual se acaba primero en la reacción. De la normicotina y el yoduro de metilo hay que decidir cuál es el RL. En la reacción se puede ver que la relación estequiométrica es:

$$n_{\text{Normicotina}} = n_{\text{Yoduro de metilo}}$$

Con la masa (50 g) y la masa molar (141.9 g/mol) de yoduro de metilo podemos calcular su número de moles, esto es

$$n = m / MM = 0.35 \text{ moles}$$

por lo que al menos necesitamos 0.35 moles de normicotina para que reaccione todo el yoduro de metilo. De la misma manera como calculamos las moles de yoduro de metilo podemos hacerlo para la normicotina cuya MM es 148 g/mol y encontramos que:

$$n_{\text{Normicotina}} = 0.34 \text{ moles,}$$

se puede observar que el número de moles que tenemos de normicotina es menor que el necesario por tanto el RL es la normicotina.

Es importante señalar que no siempre el RL está en menor cantidad esto depende de la relación estequiométrica que guarden los reactivos.

Como el RL es el que se acaba primero en la reacción sabemos entonces que todas las moles de normicotina van a reaccionar, con este dato y la relación mostrada en la reacción

$$n_{\text{Nornicotina}} = n_{\text{Nicotina}}$$

podemos calcular la masa de nicotina formada ($MM_{\text{Nicotina}} = 162 \text{ g/mol}$) que es:

$$m_{\text{Nicotina}} = 55.1 \text{ g}$$

También de la reacción se sabe que el número de moles de NaOH necesario es:

$$n_{\text{Nornicotina}} = n_{\text{NaOH}} = 0.34 \text{ mol}$$

por lo que su masa es:

$$m_{\text{NaOH}} = 13.6 \text{ g}$$

GASES

OBJETIVOS

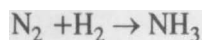
- ❑ Diferenciar entre las escalas centígrada y absoluta de temperatura. Establecer la relación entre ellas.
- ❑ Manejar las leyes de los gases: Ley de Boyle, Ley de Charles y de Gay-Lussac. Manejar el principio de Avogadro.
- ❑ Escribir la ecuación de estado del gas ideal y utilizarla para evaluar los cambios de presión, temperatura y volumen de una muestra gaseosa.
- ❑ Manejar la Ley de Dalton de presiones parciales. Definir la presión parcial de un gas en una mezcla.
- ❑ Establecer la relación que existe entre la densidad de un gas ideal y su temperatura, presión y masa molar.
- ❑ Describir las diferencias entre un gas real y un gas ideal.
- ❑ Describir el comportamiento de los gases reales: ecuación de van der Waals.
- ❑ Manejar los postulados en los que se basa la Teoría Cinética de los Gases. Aplicarlos a problemas simples.

PROBLEMAS PROPUESTOS

NOTA: Los problemas que requieren de modelos reales para su resolución se especifican en el texto. Todos los demás deberán considerarse con el modelo del gas ideal.

Problema 1 (**)

Toda vida animal es posible gracias a la vida vegetal. De las plantas se sacan las proteínas con las que animales y humanos fabrican las suyas propias. Las proteínas contienen nitrógeno. A pesar de que en la atmósfera existen grandes cantidades de nitrógeno elemental (N_2), éste no puede ser empleado por la mayor parte de los vegetales para fabricar proteínas, pues es una molécula muy estable. Para lograr que este nitrógeno sea biológica y químicamente útil, se necesita combinarlo con otros elementos, ya que las plantas sólo pueden tomar el nitrógeno de diversos compuestos existentes en el suelo. El proceso de transformación del N_2 se lleva a cabo naturalmente por las bacterias y algas fijadoras de nitrógeno. Gracias a éstas es posible la existencia de la vida vegetal, y por ende animal y humana. La fabricación artificial de fertilizantes nitrogenados hace posible que el hombre nitrifique el suelo y cultive sin depender de dichas bacterias y algas. El proceso Haber de fabricación de amoníaco, es muy importante en la fabricación de fertilizantes, se lleva a cabo según la siguiente reacción:



Este proceso tiene un rendimiento del 61%. Si en una fábrica utilizan 300 L de H_2 y 350 L de N_2 diarios, a una temperatura de 500°C y 500 atm de presión para fabricar el amoníaco necesario, ¿cuántos cilindros se llenarán por día? Los cilindros están a 25°C , tienen 30 L de capacidad y una presión de 4 atm.

Respuesta:

196 cilindros

Problema 2 (*)

Los fertilizantes químicos se añaden a la tierra para aumentar la calidad y rendimiento de las cosechas. Las plantas necesitan N, P, K, Ca, S y Mg, además de CO_2 y agua. La principal materia prima para elaborar los fertilizantes nitrogenados es el amoníaco, NH_3 , que se prepara por el proceso Haber descrito anteriormente. En un recipiente de 2 L, a 25°C se colocaron 1.5 g de H_2 y 7 g de N_2 . ¿Cuál será la presión del amoníaco en el recipiente, si se considera que éste se comporta como un gas ideal? Si el amoníaco se comporta como un gas de van der Waals, ¿cómo es ahora su presión? (Para el amoníaco: $a=4.17 \text{ atmL}^2/\text{mol}^2$ y $b=0.0371 \text{ L/mol}$)

Respuesta:

6.11 atm si se considera gas ideal y 5.91 atm si se trata como gas de van der Waals

Problema 3 ()**

Para poder respirar normalmente, la presión del CO_2 en una mezcla gaseosa no debe ser mayor de 4.1 mmHg. Una persona respirando normalmente produce diariamente alrededor de 0.950 kg de CO_2 . ¿Cuánto tiempo podrán permanecer 3 individuos en una sala de $3 \times 4 \times 2.8 \text{ m}$ a una presión de 1 atm y 23°C de temperatura sin que empiecen a sentir los efectos del CO_2 ? Considera que no hay intercambio de aire entre la sala y el exterior, y que el volumen de las personas es despreciable.

Respuesta:

2.8 horas

Problema 4 ()**

Las personas que sufren problemas respiratorios necesitan respirar oxígeno más puro de lo que normalmente se encuentra en la atmósfera. Para estos pacientes, el oxígeno se guarda en cilindros metálicos y de esta forma lo pueden tener en su casa o en los hospitales. Además, en diversos experimentos químicos es necesario tener compuestos gaseosos como reactivos, y estos

compuestos se guardan en cilindros semejantes. En una planta química se produce CO_2 y O_2 . Por un error en el procedimiento, un lote de cilindros de CO_2 se etiqueta como si fuera de O_2 . Los cilindros llegan a un hospital para administrarse a los enfermos, cuando el dueño de la fábrica llama notificando el error. ¿Podrán identificar lo que contiene cada cilindro, o para no envenenar a los pacientes con CO_2 , tendrán que devolver todos los cilindros a la planta? Todos los cilindros tienen exactamente el mismo peso (10 kg) y el mismo volumen cuando están vacíos, y se llenan a la misma temperatura y presión.

Respuesta:

Sí se puede saber lo que tiene cada cilindro por la diferencia de masas

Problema 5 (*)

El CO_2 que tiene una botella de refresco ocupa un volumen de 8 cm^3 , a una presión de 1.2 atm y 17°C de temperatura. ¿Cuántas moles de CO_2 hay en el refresco? Si la corcholata resiste 5 atm de presión, ¿hasta qué temperatura se podría calentar la botella sin que se destape? ¿Por qué cuando se deja en el congelador la botella de refresco ésta se rompe?

Respuesta:

4.04×10^{-4} moles; 1 207.4 K

Problema 6 ()**

El butano es un gas incoloro e inodoro que constituye el componente principal del gas natural. Cuando se usa como combustible se acostumbra agregarle un gas muy oloroso en pequeñas cantidades, el metil-mercaptano, para que la gente se de cuenta de cualquier fuga que pudiera causar una explosión, o algún envenenamiento. En una casa que mide 125 m^2 de superficie por 2.85 m de altura se ha quedado abierta una llave del gas. Sus dueños se fueron 3 días de vacaciones a San Luis Potosí. Por la llave de gas salen 4.7×10^{23} moléculas/ cm^2s . La llave mide 0.25 cm^2 de área. ¿Cuál será la presión de la casa cuando regresen sus dueños, si originalmente estaba a 20°C ? Suponga que la casa está aislada, que la temperatura que miden los

dueños al llegar es de 40°C, y que no hay otro gas presente además del butano.

Respuesta:

3.6 atm

Problema 7 (***)

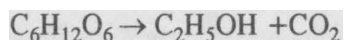
La fermentación es un proceso químico donde las moléculas orgánicas complejas se dividen en compuestos más simples, como el etanol y el CO₂. Este proceso se acelera por medio de ciertas enzimas, que son catalizadores químicos complejos producidos por células vivas. Las cervecerías utilizan el CO₂, producto de la fermentación, para presurizar la cerveza en las botellas. Cada botella tiene un volumen de cerveza de 300 ml y queda un volumen sin ocupar de 23 cm³. El gas que queda en la botella contiene, expresado como porcentaje en masa, 70% de CO₂, 28% de N₂ y 2% de O₂. Además hay CO₂ disuelto en la cerveza en un 3.7% en volumen. Si la presión de cada botella es de 2 atm y la temperatura de 25°C, ¿cuántos gramos, en total, de CO₂ se utilizan en cada botella de cerveza?

Respuesta:

0.09 g

Problema 8 (*)

Los productos de la fermentación también pueden utilizarse para incrementar el volumen del pan, con lo cual éste se hace más suave y sabroso. La temperatura de fermentación a 1 atm de presión es 36.5°C. Calcula el volumen de CO₂ que se produce en la fermentación de 1500 g de glucosa. La reacción de fermentación es:



Respuesta:

424 L

Problema 9 (*)

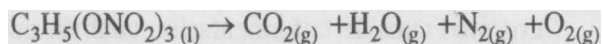
En muchos laboratorios de análisis e investigación se utiliza hielo seco, CO₂ sólido. Éste puede prepararse dejando salir voluntariamente CO₂ por la válvula de un cilindro, con lo cual el gas se solidifica. Algunos cilindros contienen 20 kg de CO₂ en un volumen de 30 L . Si la temperatura es 30°C, ¿cuál es la presión del CO₂ dentro del cilindro?

Respuesta:

376.5 atm

Problema 10 ()**

El trinitrato de glicerilo, conocido como nitroglicerina, es un explosivo de gran potencia. Esto se debe principalmente a que su descomposición genera un enorme aumento de volumen. La nitroglicerina se utiliza también como medicamento contra la angina de pecho, que es una insuficiencia transitoria del aporte de sangre, oxígeno y nutrientes al corazón, acompañada de un dolor muy intenso. Su acción es tan eficaz, que inmediatamente después de masticar una cápsula de nitroglicerina, sucede una vasodilatación coronaria que incrementa el flujo sanguíneo y mejora la irrigación al corazón. La reacción de descomposición de la nitroglicerina es:



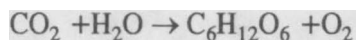
Si cada cápsula de nitroglicerina contiene 0.8 mg de ésta, ¿cuántas moles de gas se producen y que volumen ocupan a la temperatura del cuerpo humano y la presión de 1 atm?

Respuesta:

2.56×10^{-5} moles y ocupan 0.65 mL

Problema 11 (*)**

Los vegetales son los que controlan el nivel de CO_2 en la atmósfera al emplearlo para sintetizar carbohidratos a través del proceso de fotosíntesis, que se lleva a cabo según la siguiente reacción:



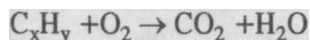
El proceso de fotosíntesis genera una gran cantidad de oxígeno y de hecho fue una de las causas que cambió la atmósfera a como actualmente es. Cada año, las plantas incluyendo las algas oceánicas, fijan 150 mil millones de toneladas de carbono con 25 mil millones de toneladas de hidrógeno para producir materia orgánica y simultáneamente descargar 400 mil millones de toneladas de oxígeno. Si consideras que la temperatura es 25°C y la presión 1 atm, ¿qué volumen de hidrógeno se consume y cuánto de oxígeno se produce? ¿Cuánto aumenta el volumen de gas de la Tierra sólo por el proceso de fotosíntesis? Se calcula que si el proceso de fotosíntesis se detuviera, bastarían 2000 años para que desapareciera todo el oxígeno de la atmósfera. Si esto es cierto, ¿cuántas moles de oxígeno se dejarían de producir?

Respuesta:

El volumen de H_2 y O_2 es 3.06×10^{17} L; se dejarían de producir 2.5×10^{19} moles de O_2

Problema 12 ()**

Una de las principales fuentes de CO_2 es la combustión completa de la gasolina (mezcla de hidrocarburos). Supongamos que la gasolina sólo está compuesta de octano cuya reacción de combustión puede representarse como sigue:



donde C_xH_y es octano. Si 100 g de este hidrocarburo producen 171.48 L de CO_2 y 192.92 L de H_2O , a 25°C y 1 atm, encuentra la fórmula mínima del octano. Si ahora, 100 g de octano ocupan 21.56 L a 30°C y 1 atm, encuentra su fórmula molecular. Con esta información, reescribe la ecuación de combustión balanceada.

Respuesta:

La fórmula mínima es C_4H_9 y la molecular C_8H_{18}

Problema 13 (*)

Una planta durante el día efectúa el proceso de fotosíntesis, donde consume CO_2 y elimina O_2 , además de su proceso de respiración normal, en el cual consume O_2 y elimina CO_2 . Una persona sentada enfrente de una planta a 1 m de distancia, quiere saber cuál de los dos gases, que ésta emite, llega primero a donde está él. Sin tomar en cuenta la atmósfera del cuarto, ¿podrías contestar su pregunta?

Respuesta:

Sí, el oxígeno llega primero

Problema 14 (*)**

El aire de la atmósfera es una mezcla de gases, que ha llegado a ser lo que es a través de un proceso de evolución que ha durado varios miles de millones de años. En los últimos 50 millones de años la composición de la atmósfera ha permanecido prácticamente constante. Sin embargo, parece que las actividades del hombre últimamente la están alterando con los trabajos de la sociedad industrial. La atmósfera se calcula que está formada por 5.5×10^{21} gramos de aire, mismos que están ubicados a una distancia de la superficie terrestre de aproximadamente 100 km. Su composición en términos de porcentaje en volumen es 78.08% de nitrógeno, N_2 ; 20.95% de oxígeno, O_2 ; 0.934% de argón, Ar; y 0.0314% de CO_2 . Aun cuando la atmósfera se puede decir que es homogénea alrededor de la Tierra, la presión que ejercen los gases sobre diferentes regiones del planeta sí depende de cada lugar. A esta presión se le denomina presión atmosférica, es igual a 760 mmHg a nivel del mar y va cambiando dependiendo de la altura de cada sitio. En la ciudad de México la presión atmosférica es de 586 mmHg, debido a que está situada a más de 1000 m de altura sobre el nivel del mar. Independientemente de la contaminación que sufrimos en el valle de México, ¿por qué le conviene a una persona con algún mal cardíaco irse a vivir a Acapulco y no vivir en la ciudad de México?, ¿cuántas moles de O_2 hay en toda la atmósfera terrestre?

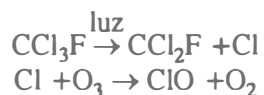
Si la temperatura promedio en Acapulco es de 30°C y en México es de 20°C, ¿dará lo mismo vivir en un sitio que en otro?, ¿dependerá el bienestar, de uno de estos pacientes, de la temperatura en cada una de estas ciudades?

Respuesta:

3.61×10^{19} moles de oxígeno

Problema 15 (**)

El ozono, O_3 , es un gas picante que se forma en la atmósfera por reacciones fotoquímicas. Es uno de los contaminantes secundarios que aparecen en las grandes ciudades. Su presencia en la estratosfera es indispensable para detener los rayos UV del sol. Ciertos compuestos, (llamados clorofluorocarburos), producidos por el hombre llegan a la estratosfera y pueden destruir al ozono. Los clorofluorocarburos se han usado como líquidos refrigerantes e impulsores en latas de aerosoles. Son muy volátiles e inertes, y por eso permanecen entre 10 y 30,000 años en la atmósfera, llegando a difundirse hasta la estratosfera donde está la capa de ozono. Ahí reaccionan fotoquímicamente y producen átomos de cloro, el cual reacciona y destruye al ozono, según las siguientes reacciones:



Se ha estimado que si el ozono atmosférico se redujese en 1 % habría 2 % más casos de cáncer en la piel debido a la mayor cantidad de rayos ultravioletas que llegarían a la superficie de la Tierra. Haciendo un experimento para tener más evidencia de este problema, se coloca ozono en un frasco de 10 L hasta que la presión es de 1 atm. ¿Cuántos gramos de CCl_3F se necesitan para reducir la presión de ozono a 0.9 atm? La temperatura es de 25°C, y se pone la luz necesaria para que se lleve a cabo la reacción fotoquímica.

Respuesta:

5.5 g

Problema 16 (**)

De los óxidos de carbono el más nocivo para la salud es sin duda el monóxido de carbono, CO, ya que modifica el transporte de oxígeno a las células del organismo. El CO inhabilita a la hemoglobina por lo cual no se puede llevar el oxígeno a todo el organismo, y sobreviene la muerte por asfixia. Una fuente de CO es la combustión automotriz. Cuando los autos no tienen ningún control para reducir la emisión de CO, por cada 100 litros de gasolina quemada se generan aproximadamente 30 g de monóxido de carbono. En 1982 ocurrió una intoxicación masiva notable en la ciudad de México, cuando cientos de coches querían salir al mismo tiempo de un estacionamiento bajo tierra. La emisión de CO y la lentitud del sistema de cobro propiciaron lo que pudo ser una catástrofe, de no ser porque el cobrador resolvió dejar salir a los vehículos sin pagar. Si cada coche quemó en promedio 3 litros de gasolina durante la espera, ¿cuántos coches había en la cola si la concentración de CO en el estacionamiento llegó a la dosis peligrosa de 46 mg/m^3 ? El estacionamiento mide $50 \times 30 \times 3 \text{ m}$ y tenía una temperatura de 30°C .

Respuesta:

230 coches

Problema 17 (*)

Otra fuente importante de CO es el humo del cigarro. Un fumador aspira 10 mg de CO por cada cigarro que se fuma. Sabiendo esto, ¿cuántas moléculas de CO se consumen por cigarillo y qué densidad tiene este gas a 22°C y 580 mmHg?

Respuesta:

2.15×10^{20} moléculas

Problema 18 (*)

El cianuro de hidrógeno (HCN) es un gas que se utiliza en la cámara de gases debido a que es un poderoso veneno. Su forma de acción es igual a la del CO, lo que quiere decir que también forma un compuesto muy estable

con la hemoglobina y la persona muere por la incapacidad de transportar oxígeno a todo el organismo. Si la fragancia de un perfume tiene una masa molar de 400 g/mol, ¿podrá el condenado a muerte oler el perfume antes de morir?

Respuesta:

No puede oler el perfume porque el HCN llega primero

Problema 19 (*)

La atmósfera de hoy no es la misma que aquella de la Tierra en formación. Ha evolucionado. La primera atmósfera terrestre estaba constituida principalmente por H_2 y He, gases que escaparon a la fuerza gravitacional que consolidó al planeta. Al compactarse la Tierra, la temperatura interior se elevó y se inició una etapa de alta actividad volcánica que liberó hacia la atmósfera H_2O , CO_2 , SO_2 , N_2 , CH_4 y otras moléculas ácidas. Con la presencia del agua se inició la lluvia, la cual lavó la atmósfera, la que conservó principalmente N_2 , H_2 , CH_4 y, en menor proporción NH_3 y otros gases. Esta es la atmósfera reductora que permitió el arraigo de la vida en la Tierra hace 4000 millones de años. Después, el proceso de fotosíntesis generó gran cantidad de oxígeno, O_2 . La presencia de oxígeno y su conversión en ozono hizo posible que la superficie del planeta fuera menos inhóspita para la vida. Al proliferar ésta en el mar y en la tierra se formó la actual atmósfera, con una quinta parte de O_2 . Si tomaras una muestra de 100 ml de gas en cada momento de la evolución de la atmósfera, ¿cuál sería la presión parcial de los gases, etapa por etapa, si consideras que la presión total es 1 atm, la temperatura es de $30^\circ C$ y de cada gas hay 30 gramos?.

Respuesta:

Primera Etapa: $P(H_2) = 0.67 \text{ atm}$ y $P(He) = 0.33 \text{ atm}$
 Segunda Etapa: $P(H_2O) = 0.29 \text{ atm}$; $P(CO_2) = 0.12 \text{ atm}$;
 $P(SO_2) = 0.08 \text{ atm}$;
 $P(N_2) = 0.19 \text{ atm}$ y $P(CH_4) = 0.33 \text{ atm}$

Problema 20 (**)

El flujo sanguíneo a través de los pulmones durante cada respiración es de 0.25 L . La frecuencia de respiración es de 20 por minuto. A una persona intoxicada con CO se le trata manteniendo artificialmente la respiración con la administración de O₂ puro, en una concentración expresada como por ciento en volumen, de 95 % de O₂ y 5 % de CO₂, para promover el desplazamiento competitivo de CO. El volumen pulmonar efectivo total después de una inspiración normal es aproximadamente de 2.8 L. Si la persona está durante una hora con el tratamiento, ¿cuántas moléculas de CO son desplazadas por el O₂? Considera que en la reacción por cada molécula de O₂ se desplaza una de CO, que la temperatura del cuerpo es de 37°C y que la presión es de 1 atm.

Respuesta:

75.6×10^{24} moléculas

Problema 21 (***)

Las células de la levadura proporcionan dióxido de carbono que eleva el pan o lo hace ligero. En pasteles el agente elevador puede ser el aire. Éste se atrapa a través del uso de claras de huevo batidas o por medio de lo que se llama *acremar* (revolver el azúcar y la mantequilla juntas). Mas a menudo el gas en pasteles se obtiene por medio de una reacción química en la masa. En este caso, se usa polvo de hornear. Todas las personas que han hecho alguna vez un pastel saben que cuando se saca del horno y se enfría su altura disminuye. Algunos polvos de hornear están formados por una mezcla equimolar de bicarbonato de amonio y tartrato ácido de potasio, los cuales, en presencia de agua y de calor, llevan a cabo la siguiente reacción:



Pedro quiere sorprender a su novia regalándole un pastel que él mismo hizo. Toma un molde de 30 cm de diámetro por 6.5 cm de altura. El pastel antes de ser puesto en el horno llena el molde hasta una altura de 2 cm. La temperatura del horno es 120°C. Si Pedro le pone 30 g de polvo de hornear

al pastel, ¿se le derramará fuera del molde? Considera que la presión dentro del horno es de 1 atm, y que solamente el 50 % en volumen de los gases producidos son retenidos en la masa: el resto se escapa. Si ahora le pone la cantidad máxima de polvo de hornear necesaria para que no se derrame el pastel del molde, ¿cuál será la altura de éste al retirarlo del horno y dejarlo enfriar a la temperatura ambiente, 25°C? Toma en cuenta que a esta temperatura el agua es líquida.

Cuando Pedro tiene el pastel listo para meterlo al horno, se da cuenta que su novia llegará en 20 minutos y decide que en lugar de poner el horno a 120°C, lo va a poner a 320°C. ¿Qué le pasa al pastel?

Respuesta:

Con 30 g de polvo de hornear el pastel se derramará. La altura del pastel usando la cantidad máxima de polvo de hornear es 4.24 cm. Si se aumenta la temperatura del horno el pastel se derramará.

Problema 22 ()**

Crece la preocupación mundial por el aumento de la incidencia de las intoxicaciones agudas. Cada año se producen por lo menos 10,000 fallecimientos cuya causa directa y comprobada es un compuesto químico. Más de la mitad de los casos se deben al empleo de agentes químicos con fines suicidas. De éstos aproximadamente la mitad son por monóxido de carbono y gases del escape de los automotores. Un motor de automóvil que funciona mal puede llegar a producir 1 mol de CO cada 2 minutos. Una concentración de 0.40 % en volumen de CO resulta mortal para las personas en un breve periodo. Mucha gente se suicida encerrándose en la cochera, con el motor del coche encendido. Una persona se mete en un garaje que mide 10 x 2 x 3 m con el motor de su coche encendido. Un vecino observa el humo y llama a la policía, que tarda 20 minutos en llegar. ¿Encuentran a la persona todavía con vida? La temperatura es de 30°C constante, y la presión es de 1 atm.

Respuesta:

No se encuentra a la persona con vida

Problema 23 (*)

Algunos fármacos se inhalan en forma de gases y entran a la circulación a través de las membranas alveolares por difusión. Así es como se administran las anestésicas volátiles. Una mezcla gaseosa de ciclopropano y aire se usa como anestésico general. Se comienza dándole al paciente una mezcla de 5% de aire, y 95% de ciclopropano (porcentaje en volumen). Después de alcanzar el primer nivel de anestesia se puede bajar el porcentaje de ciclopropano a 92%. Un soplador envía el aire a la cámara de mezclados con una presión de 810 mmHg. La presión del ciclopropano se gradúa con una válvula. Si se desea que la mezcla llegue al paciente siempre a una atmósfera de presión, ¿cuál es la presión del ciclopropano al inicio y después de alcanzar el primer nivel de anestesia?

Respuesta:

0.95 atm al inicio y 0.92 atm al final

Problema 24 (*)

Una manifestación estudiantil ha formado una columna de 1000 m de longitud. Las fuerzas del orden público vienen por delante de ellos a dispersarlos, para lo cual llevan dos tipos de gases: hilarante, N_2O , que te hace reír; y lacrimógeno $C_6H_{11}OBr$, que te hace llorar. Después de soltar los gases, ¿qué hacen primero los estudiantes, reír o llorar?

Respuesta:

Reír

Problema 25 ()**

Para que regreses a la realidad, demuestra que la ecuación de van der Waals se reduce a la ecuación del gas ideal a temperaturas altas y bajas presiones.

Problema 26 (*)

El ahumado es una técnica utilizada en la conservación de alimentos debido a la acción secante y bactericida del humo. Uno de los componentes del

humo es el formaldehído (CH_2O), del que se sospecha es carcinógeno. ¿Cuál es la presión parcial de 1.2 g de formaldehído, que están contenidos en 4.5 L de humo a temperatura y presión estándar?

Respuesta:

0.2 atm

Problema 27 ()**

El oxígeno es un gas necesario para la vida. Sin embargo, resulta dañino para el ser humano cuando su presión parcial es mayor de 0.2 atm. Por esta razón, los buzos utilizan tanques que contienen una mezcla de helio, He, y oxígeno, O_2 . El nitrógeno gaseoso no puede ser utilizado en esta mezcla porque si su presión parcial rebasa 1 atm, parte del nitrógeno se disuelve en la sangre produciendo narcosis de nitrógeno, que tiene los mismos síntomas de una intoxicación alcohólica. Calcula el número de moléculas de nitrógeno, N_2 , que contiene una mezcla gaseosa de nitrógeno y oxígeno en un tanque de 5 L, a 1.8 atm de presión y 25°C , sabiendo que la presión del oxígeno es la requerida por el cuerpo.

Respuesta:

1.97×10^{23} moléculas

Problema 28 ()**

El envasado y empaque de los alimentos es importante para evitar pérdida o asimilación de olores, para proteger a los alimentos de la luz y para impedir el paso de toxinas y microorganismos entre otras. Una forma de empacar alimentos es usando cubiertas plásticas como el policloruro de vinilo, PVC, que se obtiene por la polimerización del cloruro de vinilo. Este último es un gas incoloro y un reconocido carcinógeno. El límite recomendado de cloruro de vinilo en las áreas de trabajo es de 5 ppm en volumen. ¿Cuál es la presión parcial del cloruro de vinilo permitida en un cuarto donde la presión es de 750 mmHg y la temperatura es de 22°C ?

Respuesta:

$$4.95 \times 10^{-6} \text{ atm}$$

Problema 29 ()**

En tierras pantanosas y áreas de drenaje se produce un gas por cultivo de bacterias anaeróbicas. Se sabe que este gas contiene sólo carbono e hidrógeno. Además, este gas fluye a través de una membrana porosa en 2 minutos. En semejantes condiciones de presión y temperatura un volumen igual de cloro gaseoso (Cl_2) fluye en 4.21 minutos a través de la misma barrera. Calcula la masa molar del gas desconocido y sugiere de qué gas puede tratarse. (Pista: Ley de difusión de Graham).

Respuesta:

$$16 \text{ g/mol}$$

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema 12 ()**

Una de las principales fuentes de CO_2 es la combustión completa de la gasolina (mezcla de hidrocarburos). Supongamos que la gasolina sólo está compuesta de octano cuya reacción de combustión se puede representar como sigue:



donde C_xH_y es octano. Si 100 g de este hidrocarburo producen 171.48 L de CO_2 y 192.92 L de H_2O , a 25°C y 1 atm, encuentra la fórmula mínima del octano. Si ahora 100 g de octano ocupan 21.56 L a 30°C y 1 atm, encuentra su fórmula molecular. Con esta información, reescribe la ecuación de combustión balanceada.

Solución:

Queremos encontrar la fórmula mínima del octano, tu sabes que una fórmula química establece la relación que hay entre átomos o moles de átomos de cada elemento en un compuesto. En este caso es necesario, entonces, encontrar el número de moles de C y el número de moles de H que forman al octano y la relación entre éstos.

En la reacción se puede observar que todo el carbono contenido en el dióxido de carbono y el hidrógeno contenido en el agua provienen del octano. De la fórmula química del CO_2 podemos concluir

$$n_{\text{CO}_2} = n_{\text{C}}$$

y del agua

$$n_{\text{H}} = 2 n_{\text{H}_2\text{O}}$$

Si consideramos que el CO_2 y el H_2O son gases ideales su número de moles se puede saber por:

$$n = PV / RT \text{ donde } P = 1 \text{ atm, } T = 298.13 \text{ K para ambos}$$

$$\text{y } V_{\text{H}_2\text{O}} = 192.92 \text{ L, } V_{\text{CO}_2} = 171.48 \text{ L}$$

así,

$$n_{\text{CO}_2} = 7.018 \text{ mol y } n_{\text{H}_2\text{O}} = 7.895 \text{ mol}$$

por lo que

$$n_{\text{C}} = 7.018 \text{ mol y } n_{\text{H}} = 15.79 \text{ mol}$$

y la relación entre ellos es

$$n_{\text{H}} / n_{\text{C}} = 2.25$$

esto nos diría que la fórmula mínima es $\text{C}_1\text{H}_{2.25}$. Sin embargo, la relación mínima entre átomos debe expresarse en números enteros, por tanto multiplicamos por 4 los subíndices de la fórmula anterior y obtenemos la relación mínima entre números enteros lo cual nos da la fórmula mínima correcta

Para conocer la fórmula molecular es necesario conocer la masa molar de la fórmula química real, la única manera es experimentalmente. En este

problema se sabe de forma empírica que 100 g de octano ocupan 21.56 L a 30°C y 1 atm, de la ecuación de estado del gas ideal con estos datos puedes calcular la masa molar de la siguiente manera:

$$MM = mRT / PV$$

de esta manera $MM_{\text{OCTANO}} = 115.24 \text{ g/mol}$, si la comparas con la masa molar de la fórmula mínima encontrarás que

$$MM_{\text{real}} = 2 MM_{\text{f. mín.}}$$

Esto implica que la fórmula real o molecular es

en donde los subíndices de la fórmula mínima han sido multiplicados por 2. Es importante que notes que con la ecuación de estado de un gas puedes conocer diversas propiedades de él.

Finalmente, sustituyendo la fórmula molecular en la reacción y balanceando, la combustión completa del octano se representa como



Problema 26 (*)

El ahumado es una técnica utilizada en la conservación de alimentos debido a la acción secante y bactericida del humo. Uno de los componentes del humo es el formaldehído (CH_2O), que se sospecha es carcinógeno. ¿Cuál es la presión parcial de 1.2 g de formaldehído, que están contenidos en 4.5 L de humo a temperatura y presión estándar?

Solución

Uno de los conceptos más importantes en el tema de gases es la presión parcial de un gas en una mezcla y este problema evalúa la comprensión de este concepto. El humo es una mezcla de gases y uno de sus componentes es el

formaldehído, sabemos que esta mezcla ocupa 4.5 L a 273.15 K y 1 atm de presión, por tanto, su número de moles es:

$$n_{\text{Mezcla}} = PV / RT = 0.20 \text{ mol}$$

Sólo una fracción de estas moles es formaldehído, y sólo con esta fracción contribuirá el formaldehído a la presión total, esto es:

$$P_{\text{formaldehído}} = X_{\text{formaldehído}} P_{\text{Mezcla}}$$

donde $P_{\text{formaldehído}}$ es la presión parcial, $X_{\text{formaldehído}}$ es la fracción mol y P_{Mezcla} es la presión total. La fracción mol la podemos conocer por:

$$X_{\text{formaldehído}} = n_{\text{formaldehído}} / n_{\text{Mezcla}}$$

Como de formaldehído en la mezcla hay 1.2 g y su masa molar es 30 g/mol el $n_{\text{formaldehído}} = 0.04 \text{ mol}$, por lo que:

$$X_{\text{formaldehído}} = 0.2$$

La presión total de la mezcla es 1 atm y la presión parcial del formaldehído puede calcularse como:

$$P_{\text{formaldehído}} = X_{\text{formaldehído}} P_{\text{Mezcla}}$$

así $P_{\text{formaldehído}} = 0.2 \text{ atm}$.

Quiere decir, entonces, que el formaldehído contribuye a la presión total, que es 1 atm, con 0.2 atm y los demás gases con 0.8 atm.

TERMODINÁMICA

OBJETIVOS

- ▣ Diferenciar los conceptos de trabajo y calor.
- ▣ Manejar y comprender la Primera Ley de la Termodinámica.
- ▣ Visualizar la Ley de la Conservación de la Energía y comprender su importancia.
- ▣ Estudiar los mecanismos de conservación de la energía.
- ▣ Calcular los cambios de Entalpía en diferentes sistemas.
- ▣ Calcular las Entalpías Estándar de Reacción.
- ▣ Comprender la importancia de tener Funciones de Estado.
- ▣ Manejar y comprender la Segunda Ley de la Termodinámica.
- ▣ Determinar la espontaneidad de los procesos.
- ▣ Realizar cálculos de Entropía.
- ▣ Realizar cálculos de Energía Libre.
- ▣ Calcular constantes de equilibrio.
- ▣ Determinar la importancia de la termodinámica para los procesos de la vida.

PROBLEMAS PROPUESTOS

Problema 1 (*)

Las características que distinguen a los mamíferos de los demás animales son la presencia de pelo, glándulas mamarias y sudoríparas, y la diferenciación de dientes en incisivos, caninos y molares. La cubierta de pelo les sirve como aislante y auxiliar en la termorregulación. Calcular el trabajo en calorías que realizan los siguientes mamíferos: a) un elefante cuya masa es de 5 toneladas, levanta una masa de 310 kg hasta una altura de 310 m, b) una mujer con una masa de 50 kg baja a un niño de 15 kg de masa desde una altura de 3 m ¿Puede una persona de 80 kg de masa levantar una masa de 310 kg?

Respuesta:

a) 2.25×10^5 cal; b) 105.4 cal

Problema 2 (*)

El agua se desplaza de los mares a la tierra por evaporación y precipitación, regresando después en forma de corrientes, ríos y lagos. Cuando recorre este ciclo entra en estrecho contacto con la atmósfera, las rocas, los minerales y las sales de la litosfera y como resultado de los procesos de disolución, se convierte en una solución que contienen iones y moléculas. Suponer un volumen de 100 mL de agua que están en el Polo Norte, donde la temperatura es de 0°C y la presión de 1 atm. Las corrientes marinas llevan dicho volumen hasta las costas de Veracruz, donde la temperatura es de 30°C y la presión 1 atm. Ahí el agua se evapora y en forma de nube llega hasta la ciudad de México que tiene una presión de 586 mmHg y una temperatura de 10°C. Calcular el calor en calorías del Polo Norte a Veracruz.

Respuesta:

$Q = 3\,000$ cal (Polo a Veracruz)

Problema 3 ()**

Las reacciones químicas de las células, necesarias para el crecimiento, la reparación y la reproducción, se denominan colectivamente metabolismo. Las actividades metabólicas de células animales, vegetales y bacterianas son extraordinariamente similares a pesar de las diferencias en el aspecto de estos organismos. Uno de los principales ciclos del metabolismo es el llamado ciclo del ácido cítrico, donde una molécula de dos carbonos (la acetilcoenzima A) se combina con una molécula de cuatro carbonos (el ácido oxaloacético), para dar un producto de seis carbonos (el ácido cítrico). El ciclo del ácido cítrico es la vía final común por la cual se metabolizan las cadenas de carbono de carbohidratos, ácidos grasos y aminoácidos. Si se sabe que el ΔH° de combustión del ácido cítrico sólido es de -1986 kJ/mol , calcular el calor liberado cuando se queman totalmente 10 g de ácido cítrico sólido a 298 K manteniendo: a) la presión constante y b) el volumen constante. La fórmula de ácido cítrico es $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$.

Respuesta:

a) $Q = -103.47 \text{ kJ}$; b) $Q = -107.41 \text{ kJ}$

Problema 4 ()**

Los azúcares dobles, conocidos como disacáridos, tienen la fórmula general $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ y están formados por dos azúcares simples que al unirse ceden una molécula de agua. La maltosa o azúcar de malta, está formada por dos moléculas de glucosa y es transformada en ésta por el hígado, como todos los carbohidratos que ingerimos. Calcular el cambio de entalpía estándar que acompaña a la conversión de 18 g de maltosa en glucosa a una temperatura de 293 K y 1 atm de presión, sabiendo que las entalpías de combustión son -2816 y -5648 kJ/mol para la glucosa y la maltosa respectivamente.

Respuesta:

$\Delta H^\circ = -0.842 \text{ kJ}$

Problema 5 (*)

El ciclo del nitrógeno es el segundo ciclo elemental más importante de la naturaleza. Las reacciones de éste se producen en el aire, en la tierra y en el agua, donde el nitrógeno es convertido por una variedad de procesos bioquímicos en sustancias utilizables para producir componentes de ácidos nucleicos y otros compuestos nitrogenados. Las bacterias del nitrato (Nitrobacter) participan en este ciclo oxidando los nitritos para formar nitratos. De esta oxidación obtienen toda la energía para su crecimiento. Calcular el ΔG° para la reacción de oxidación



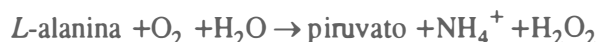
sabiendo que el ΔG°_f para una disolución acuosa de NO_2^- es -34.5 kJ/mol y para NO_3^- es de -110.5 kJ/mol.

Respuesta:

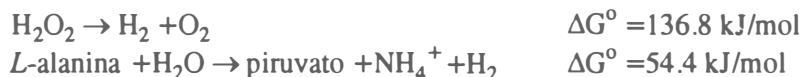
$$\Delta G^\circ = -76 \text{ kJ/mol}$$

Problema 6 (*)

Las proteínas están formadas por largas cadenas de aminoácidos. Éstos se oxidan a través de reacciones en las cuales se pierde primero el grupo amino y por esto el proceso se conoce como *desaminación*. Después, la cadena de carbono se metaboliza y termina entrando al ciclo de Krebs. El aminoácido *L*-alanina produce por desaminación ácido pirúvico que después se transforma en piruvato. Calcula el ΔG° a pH = 7 para la reacción:



sabiendo que:

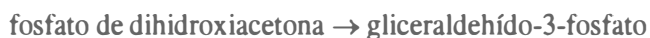


Respuesta:

$$\Delta G^\circ = -82.4 \text{ kJ/mol}$$

Problema 7 (*)

La fructosa-1,6-difosfato es desdoblada por una enzima, la aldolasa, en dos azúcares de tres carbonos llamados gliceraldehído-3-fosfato y fosfato de dihidroxiacetona. Es posible la transformación mutua de ambos mediante otra enzima isomerasa de triosa fosfato. Si la constante termodinámica para la reacción:



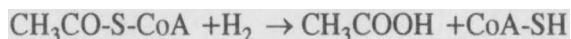
es de 0.04545 a 298 K en disolución acuosa a 1 atm de presión, calcular el valor de ΔG^0 para esta reacción.

Respuesta:

$$\Delta G^0 = 7659 \text{ J/mol}$$

Problema 8 ()**

Los tres alimentos principales de las células heterotróficas son hidratos de carbono, grasas y aminoácidos. Terminan su proceso de oxidación en la serie cíclica de reacciones conocida como ciclo de Krebs. Cada uno de estos nutrientes debe ser preparado para el ciclo mediante reacciones enzimáticas preliminares en las cuales el esqueleto carbonado de la molécula nutriente se descompone en fragmentos de dos átomos de carbono. De esta forma, la mayor parte de los átomos de carbono aparecen finalmente en forma de la llamada acetil CoA y es así como pueden entrar al ciclo de Krebs. La energía libre estándar de la hidrólisis de la acetil CoA



es $\Delta G^0 = -7.5 \text{ kcal}$. El grupo acetilo transportado por la CoA-SH está así de una forma activada y puede transferirse enzimáticamente a distintos aceptores en el curso del metabolismo de la célula. ¿Cuál será el valor de ΔG para esta reacción a 298 K y pH de 7 cuando la concentración es 0.01M para $\text{CH}_3\text{CO-S-CoA}$, CH_3COOH y CoA-SH. Considérese el valor del coeficiente de actividad como 1.

Respuesta:

$$\Delta G^{\circ} = -133.9 \text{ J/mol}$$

Problema 9 ()**

Como aperitivo, sobretudo en países mediterráneos, se consumen muchos pepinillos, cebolletas, zanahorias y todo tipo de verduras en vinagre. El vinagre es ácido acético e inhibe el crecimiento de los microorganismos por lo cual no es necesaria una cocción previa para que se conserven. El acético, el monocloroacético y el tricloroacético son tres ácidos relativamente débiles, que se pueden acomodar según su grado de acidez como sigue:



el ΔH° de disociación para el ácido acético en solución acuosa es -385 J/mol , y es el mismo para el ácido tricloroacético. Utilizando la información anterior:

- Calcula la constante termodinámica a 25°C y el ΔG° a $\text{pH} = 7$ para la disociación del ácido acético, sabiendo que el ΔS° es -92.5 J/mol .
- Escoge el valor de ΔG° más probable para el ácido monocloroacético, 48 , 27 ó 16 kJ/mol .
- Escoge el valor de ΔS° más probable para el ácido tricloroacético, -8 , -168 ó -90 J/Kmol .

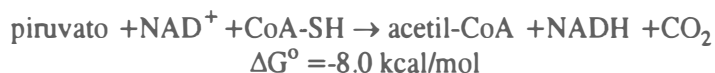
Respuesta:

- $k = 1.7 \times 10^{-5}$, $\Delta G^{\circ} = 27.180 \text{ J/mol}$
- 16 kJ/mol
- -8 J/molK

Problema 10 ()**

Uno de los principales atributos de las células vivas es la presencia dentro de ellas de sistemas complejos y eficientes como cloroplastos y mitocondrias, capaces de transformar un tipo de energía en otro. El *complejo de la piruvato deshidrogenasa*, que se encuentra localizado en las mitocondrias de las células eucarióticas y en el citoplasma de las procariotas, es una agrupación

de enzimas que cataliza la descarboxilación oxidativa del piruvato que se deriva de la glucosa por la glucólisis. La reacción global que cataliza es:



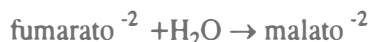
Calcula el ΔG a pH de 7 si la concentración de todos los componentes es de 0.01M y la presión del CO_2 es un veintavo de la presión atmosférica estándar.

Respuesta:

$$\Delta G^\circ = 949.63 \text{ cal/mol}$$

Problema 11 (**)

Los carbohidratos, los ácidos grasos y la mayor parte de los aminoácidos se oxidan, en último término, hasta CO_2 y H_2O , por la vía del ciclo del ácido cítrico. En este ciclo ocurren una serie de reacciones de deshidrogenación, descarboxilación y síntesis principalmente. Una de estas síntesis es la del malato a partir del fumarato, según la siguiente reacción:



Esta se lleva a cabo en los tejidos del hombre y de la rana. Cuando ocurre a 25°C y a pH de 7 el ΔG° es -3.68 kJ/mol y el ΔH° es 14.89 kJ/mol . Calcular los valores de ΔG° para esta reacción al mismo pH en un hombre a 37°C y en una rana a 7°C .

Respuesta:

$$\Delta G^\circ = 26.55 \text{ kJ/mol (hombre); } \Delta G^\circ = 25.52 \text{ kJ/mol (rana)}$$

Problema 12 (***)

Cuando se ingieren proteínas, éstas son hidrolizadas a aminoácidos antes de ser absorbidas en la corriente sanguínea. Los aminoácidos son llevados a todas las regiones del organismo, donde sirven para la elaboración de nuevas

proteínas, o son metabolizadas para liberar energía. La alanina, el ácido glutámico y el ácido aspártico penetran directamente en el ciclo de Krebs para ser metabolizados. Calcular el valor de ΔG° para la ionización del ácido aspártico utilizando los datos de la siguiente tabla:

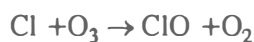
Concentración ac. aspártico sin disociar	0.0355 M
Coefficiente de actividad	0.45
ΔG°_f del ac. aspártico sólido	-721.4 kJ/mol
ΔG°_f del ac. aspártico en esta solución acuosa	-699.2 kJ/mol
Temperatura	25°C

Respuesta:

$$\Delta G^\circ = -1410.35 \text{ kJ/mol}$$

Problema 13 (*)

En un frasco que contiene una tapa móvil se está realizando un experimento con ozono, con el objeto de tener más información acerca de los efectos de ciertos productos comerciales en la capa de ozono que protege a la Tierra de los rayos ultravioletas del Sol. La reacción que se lleva a cabo es:



Durante el experimento, el volumen del gas contenido en el frasco cambia de 3 a 1 litro debido a la reacción. Si la presión externa es 1 atm, ¿se realiza algún trabajo? ¿De cuánto?

Respuesta:

$$W = 202.8 \text{ J}$$

Problema 14 ()**

La presencia mayoritaria del nitrógeno (N_2) en el aire y la necesidad de este elemento para la síntesis de proteínas en los seres vivos, marcan su gran importancia en la biosfera. Sabemos que las plantas no pueden tomar el nitrógeno del aire directamente, porque es una molécula muy estable, y precisamente por lo mismo es un gas que se utiliza con frecuencia para realizar experimentos en termodinámica. Se toma 1 mol de nitrógeno gaseoso a una temperatura de 27°C y 1 atm de presión, se calienta y se deja expandir reversiblemente a presión constante hasta una temperatura final de 327°C . Para el nitrógeno, el C_v es 20.74 J/Kmol y se puede considerar constante para todo el rango de temperatura. Calcular el trabajo hecho por el nitrógeno en esta expansión. ¿Cuánto valen ΔU y ΔH para este proceso? ¿Qué cantidad de calor absorbe el gas?

Respuesta:

$$W = -2494.2 \text{ J}; \quad \Delta U = 6222.0 \text{ J}; \quad \Delta H = Q = 8716.2 \text{ J}$$

Problema 15 (*)

El CO_2 es el producto de la respiración de casi todos los seres vivos, y también es el contaminante que está en mayor proporción en la atmósfera. Sus efectos no son tan graves como los del CO , y como la propia naturaleza logra eliminarlo a través del proceso de fotosíntesis, no causa problemas tan agudos de contaminación. Sin embargo, se produce más de lo que la naturaleza puede eliminar, y por esta razón la cantidad de CO_2 en la atmósfera va lentamente en aumento, provocando lo que se conoce como *efecto invernadero*, que se origina porque el CO_2 absorbe fácilmente la radiación calorífica que la tierra emite debido a la entrada de los rayos solares a su superficie, y con esto acumula el calor, lo cual puede provocar que la temperatura del planeta aumente hasta hacerlo inhabitable. Para saber más acerca de este gas, se pone CO_2 en un recipiente y se deja expandir adiabáticamente contra una presión de 1 atm. Después se deja expandir de forma isotérmica contra la misma presión, para después expandirse adiabáticamente contra el vacío. Establece en dónde cada una de las siguientes cantidades termodinámicas Q , W , ΔU y ΔH es mayor, menor o igual a cero. ¿Por qué el nitrógeno no provoca el *efecto invernadero*?

Respuesta:

$W < 0, Q = 0, \Delta H = 0, \Delta U < 0; W < 0, Q < 0, \Delta H < 0, \Delta U = 0$

$W = 0, Q = 0, \Delta H = 0, \Delta U = 0$

Problema 16 (*)

Una reacción que es representativa de la vía glucolítica es el catabolismo de la glucosa hasta CO_2 y H_2O a través de una oxidación en presencia de oxígeno. Calcular el ΔH°_{298} para la oxidación de la glucosa.

Respuesta:

$\Delta H^\circ = -2\,820.4 \text{ kJ}$

Problema 17 ()**

Un bloque pequeño de aluminio, de 100 g, que se encuentra a 10°C se sumerge en 300 g de agua a 50°C , contenidos en un recipiente que no permite el flujo de energía en forma de calor. Si la presión permanece constante calcula:

- La temperatura final del sistema.
- El cambio de entropía asociado a este proceso.

Respuesta:

a) 47.36°C . b) $69.86 \text{ J/}^\circ\text{C}$.

Problema 18 (*)**

Una persona de 70 kg consume en su dieta diaria aproximadamente 2 800 kcal. ¿Cuántas veces tendrá que subir las escaleras de un edificio de 20 m para gastar totalmente esta energía? Tomando en cuenta que una de las formas que tiene el organismo de disipar el calor es mediante la vaporización del agua en la transpiración, ¿cuántos litros de agua tendrá que transpirar para disipar toda la energía ingerida como alimento si se queda sentada leyendo?

Respuesta:

854 veces; 4.8 L de agua

Problema 19 ()**

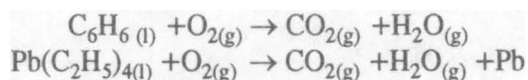
El peróxido de hidrógeno o agua oxigenada se descompone fácilmente en agua líquida y oxígeno gaseoso. Por esta razón es necesario añadirle un conservador. Partiendo de 1 litro de solución de agua oxigenada 13 M a 25°C y considerando que todo el calor presente solamente se emplea en cambiar la temperatura del agua producto de la descomposición del peróxido de hidrógeno, ¿cuál será la temperatura final de ésta? La densidad del agua oxigenada es 1.438g/ml.

Respuesta:

22 525°C

Problema 20 (*)

La presencia de plomo en la atmósfera se debe a la adición de tetraetilo de plomo a las gasolinas para elevar su octanaje. Dentro del pistón, debido a la alta temperatura, se forma el dióxido de plomo, PbO_2 . Como éste es un sólido no volátil que daña a las bujías, también se le adiciona a la gasolina algunos hidrocarburos clorados, para que forme PbCl_2 que sí es volátil y sale del pistón hacia la atmósfera. El plomo y sus sales son toxinas para el organismo y pueden llegar a afectar el sistema nervioso central. Afortunadamente, el cuerpo humano logra deshacerse de unos 230 mg de plomo diarios, pero si la cantidad de plomo que entra es mayor, se acumula y provoca intoxicación, por lo tanto lo mejor es no producirlo. Un buen sustituto del plomo es el benceno, que tiene la ventaja de tener como productos de la combustión CO_2 y H_2O . La desventaja del benceno es que tiene una alta toxicidad cuando no se ha quemado. Compara el calor dispersado por la combustión de 1 gramo de ambos aditivos. Las reacciones son:



Respuesta:

$Q = -9.6 \text{ kcal}$ (benceno); $Q = -4.16 \text{ kcal}$ (tetraetilo de plomo)

Problema 21 ()**

La obesidad es un problema grave en la mayoría de los países desarrollados. Supuestamente se puede reducir el consumo de calorías reemplazando los azúcares con endulzantes bajos en calorías. Por muchos años, los principales edulcorantes fueron la sacarina y los ciclamatos. En 1970, después de estudios que demostraron que los ciclamatos causaban cáncer en animales de laboratorio, estos compuestos fueron prohibidos. En la combustión del ciclamato de sodio ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{NSO}_3\text{Na}$) se liberan 770 kcal/mol . ¿Cuál es la entalpía de formación del ciclamato de sodio? ¿Cuántos gramos de ciclamato de sodio generan, por combustión, el mismo calor que 3 g de sacarosa ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)?

Respuesta:

$\Delta H^\circ = -1314.9 \text{ KJ/mol}$; 3.09 g de ciclamato de sodio

Problema 22 ()**

El lago Balkai en Rusia contiene $1/40$ parte del agua dulce del planeta y ha sido hasta ahora una de las maravillas de la naturaleza. El agua es tan cristalina que el fondo es visible hasta los 36 m de profundidad. En los últimos 20 millones de años la vida ha evolucionado en su seno dando lugar a las 1900 especies diferentes que se han detectado en tan bello paraje. Si la energía solar que recibe la superficie de la Tierra es en promedio $300 \text{ kcal/m}^2\text{h}$, ¿cuánta agua del lago Balkai se evaporará por día y por km^2 si recibe esta energía durante 6 horas diariamente?

Respuesta:

30.78 kg

Problema 23 (*)**

La materia que se conoce ha evolucionado en función del medio por el cual se ha visto afectada. El más profundo de sus cambios fue la capacidad de reproducción, y sucedió por primera vez en el agua. El agua es pues, el seno de la vida. Teóricamente es la unión de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, formando una molécula cuyas propiedades físicas y químicas la hacen un líquido insustituible. Si estuviéramos interesados en obtener hidrógeno y oxígeno gaseosos en nuestra casa a partir de agua, ¿qué nos dice la termodinámica de este proceso? ¿En qué rango de temperaturas sería posible? Si ponemos a reaccionar H_2 y O_2 gaseosos en una bomba a $25^\circ C$ y el agua se regresa a $25^\circ C$ ¿cómo son Q , W , ΔU y ΔH ?

Respuesta:

El proceso no es espontáneo. Para que sea posible $T > 26.3^\circ C$
 $W = 0$, $Q < 0$, $\Delta H < 0$, $\Delta U < 0$

Problema 24 ()**

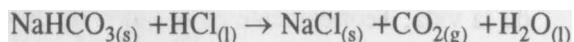
Las personas que por alguna enfermedad tienen fiebre, presentan una temperatura más alta de la normal ($37^\circ C$), lo cual implica que tienen un mayor contenido calorífico. Uno de los mecanismos naturales para bajar la temperatura es transpirar. Al transpirar el agua absorbe el calor del cuerpo para evaporarse y por lo tanto baja la temperatura corporal. Si la entalpía de vaporización del agua es 539 cal/g y el calor específico del cuerpo humano es $1 \text{ cal/g}^\circ C$, ¿cuántos mililitros de agua deberá transpirar una persona de 50 kg para bajar su temperatura de 39.5 a $37^\circ C$? ¿Cuántos mililitros tendrá que sudar un niño de 7 kg para bajar igualmente la temperatura? ¿Qué ocurre si al niño lo metemos en un baño de agua a $30^\circ C$? ¿Le servirá de algo? ¿Por qué no se puede meter una persona con $40^\circ C$ de temperatura en un baño de hielo?

Respuesta:

231.91 mL (adulto); 32.47 mL (niño)

Problema 25(*)

El bicarbonato de sodio NaHCO_3 es muy utilizado para aliviar la acidez estomacal. Reacciona neutralizando el exceso de ácido de acuerdo con:



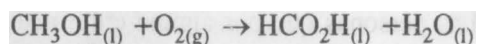
y se absorben 63.6 kcal. La temperatura del proceso es de 37°C. Si el desprendimiento de calor se efectúa en forma reversible, ¿cuál será el cambio de entropía en el sistema y cuál en el universo?

Respuesta:

$$\Delta S = -0.21 \text{ kcal/K}; \quad \Delta S_{\text{univ}} = 0$$

Problema 26 (*)

El alcohol metílico es altamente tóxico. Su oxidación produce ácido fórmico según:



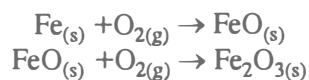
¿Cuánto calor se desprende por la oxidación de 10 mL de alcohol metílico a 25°C si su densidad es de 800g/L?

Respuesta:

$$Q = -117.98 \text{ kJ}$$

Problema 27 (*)

Una de las formas en que el hierro se encuentra en la naturaleza es $\text{Fe}_2\text{O}_3(s)$. Es posible que en las diferentes eras geológicas fuera formado por el siguiente camino:



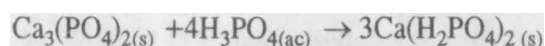
Si se acepta que este es el proceso, ¿cuánto calor se habrá desprendido por cada tonelada de Fe_2O_3 formado?

Respuesta:

$$Q \approx 5.15 \times 10^6 \text{ kJ}$$

Problema 28 (*)

El superfosfato triple, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2(\text{s})$, ha sido durante mucho tiempo el aditivo más importante para suelos porque además de actuar como abono, proporciona la acidez adecuada. Industrialmente el superfosfato triple se prepara según la siguiente reacción:



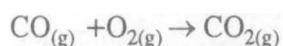
¿Cuánto calor habrá que entregar o retirar al proceso por tonelada de superfosfato triple producido?

Respuesta:

$$Q \approx -1.83 \times 10^6 \text{ kJ}$$

Problema 29 (**)

Entre los esfuerzos que se llevan a cabo para reducir la contaminación producida por el $\text{CO}(\text{g})$ se ha considerado la posibilidad de oxidarlo a $\text{CO}_2(\text{g})$, sustancia menos contaminante que la anterior. La reacción química que tendría lugar sería:



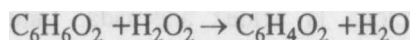
El proceso podría llevarse a cabo en los tubos abiertos de la atmósfera o en un ensanchamiento de éstos, localizado lo suficientemente lejos de la salida como para considerarlos tubos cerrados. ¿Cuánto calor habría que entregar o retirar del sistema en cada caso a 25°C ?

Respuesta:

-283 kJ en los tubos abiertos

Problema 30 (*)**

El insecto llamado escarabajo bombardero al ser atacado, se defiende rociando a su adversario con una mezcla de hidroquinona ($C_6H_6O_2$) y peróxido de hidrógeno (H_2O_2), los cuales almacena en receptáculos separados. De esta forma, sobre la piel de su adversario se produce la siguiente reacción química:



Ahora bien, como el organismo del insecto no dosifica estequiométricamente la hidroquinona y el peróxido de hidrógeno, el exceso de peróxido se descompone sobre la piel de su adversario con desprendimiento de calor. Si el exceso de peróxido fuera del 35%, ¿cuánto calor se produciría por mol de hidroquinona?

Respuesta:

-32.75 kJ

Problema 31 (*)**

El éter es un líquido muy volátil que resulta frío al tacto. Esto se debe a que al evaporarse toma calor del cuerpo, enfriándolo y llegando a veces hasta insensibilizar o anestesiar alguna zona de él. Si aplicamos 0.5 g de éter sobre la mano y si podemos pensar que éstos tienen efecto sobre una parte del cuerpo de 5.0 g de peso, calcule:

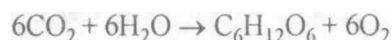
- ¿Cuál será la disminución de temperatura que produce la sensación anestésica?
- ¿Qué trabajo realizan esos 0.50 g de éter al evaporizarse a 37°C de temperatura?
- ¿Cuál es el cambio de energía en el proceso? La capacidad calorífica del cuerpo humano es $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

Respuesta:

- a) 8.83°C; b) 17.05 J; c) 201.85 J

Problema 32(*):

En la fotosíntesis la principal reacción del proceso es la formación de glucosa a partir de agua y dióxido de carbono. Estudiemos un poco esta reacción aplicando argumentos termodinámicos y tomando $T=298\text{ K}$ y $P=1\text{ atm}$, en estas condiciones la reacción a estudiar es:



Para esta reacción encuentra:

- a) El cambio de entropía.
- b) El cambio de entalpía.
- c) El cambio en la energía libre de Gibbs.

A partir de lo anterior di si la reacción es espontánea. ¿Es endotérmica?

Respuesta:

- a) -1 489.2 J/K b) 2 808.4 kJ c) 2 879.1 kJ

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema 4 ()**

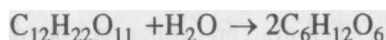
Los azúcares dobles, conocidos como disacáridos, tienen la fórmula general $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ y están formados por dos azúcares simples que al unirse ceden una molécula de agua. La maltosa o azúcar de malta, está formada por dos moléculas de glucosa y es transformada en ésta por el hígado, como todos los carbohidratos que ingerimos. Calcular el cambio de entalpía estándar que acompaña a la conversión de 18 g de maltosa en glucosa a una temperatura de 293 K y 1 atm de presión, sabiendo que las entalpías de combustión son -2 816 y -5 648 kJ/mol para la glucosa y la maltosa respectivamente.

Solución:

El repaso sobre estequiometría te ayuda a saber que para la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) y para la maltosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$) sus respectivas reacciones de combustión completas y balanceadas, son



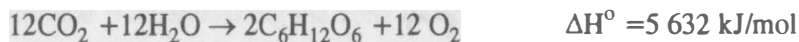
Queremos saber el cambio en la entalpía estándar para la conversión de maltosa en glucosa, es decir buscamos el ΔH°_r para



Debido a que la entalpía es una función de estado, las entalpías de reacción se pueden calcular a partir de las tablas de entalpías de formación. Pero también se puede hacer por medio de la ley de Hess que dice:

"La entalpía estándar de una reacción es la suma de las entalpías (a la misma temperatura) de una serie de reacciones en las cuales puede descomponerse la reacción total".

En nuestro caso podemos obtener la entalpía de la reacción que buscamos a partir de las dos reacciones de combustión planteadas, reordenándolas de tal manera que su suma nos dé la reacción total. Esto es:



Podrás notar que la segunda reacción es la misma que teníamos en un principio, pero la primera ha sido invertida y multiplicada por dos; por lo que su entalpía de combustión también ha sido multiplicada por dos y el signo es el inverso del que tenía. De esta manera si sumas las dos reacciones anteriores y sus entalpías, obtendrás:



Esto significa que el cambio de entalpía de un mol de maltosa es -16 kJ pero en el problema se nos pide para 18 g de maltosa (MM = 342 g/mol), o sea para 0.0526 moles entonces el cambio de entalpía es -0.842 kJ.

Problema 14 (**)

La presencia mayoritaria del nitrógeno (N_2) en el aire y la necesidad de este elemento para la síntesis de proteínas en los seres vivos, marcan su gran importancia en la biósfera. Sabemos que las plantas no pueden tomar el nitrógeno del aire directamente, porque es una molécula muy estable, y precisamente por lo mismo es un gas que se utiliza con frecuencia para realizar experimentos en termodinámica. Se toma 1 mol de nitrógeno gaseoso a una temperatura de 27°C y 1 atm de presión, se calienta y se deja expandir reversiblemente a presión constante hasta una temperatura final de 327°C . Para el nitrógeno, el C_v es 20.74 J/Kmol y se puede considerar constante para todo el rango de temperatura. Calcular el trabajo hecho por el nitrógeno en esta expansión. ¿Cuánto valen ΔU y ΔH para este proceso?. ¿Qué cantidad de calor absorbe el gas?.

Solución:

El trabajo está definido como

$$W = - \int P_{\text{ext}} dV$$

ya que se trata de un proceso reversible, entonces $P_{\text{ext}} = P_{\text{gas}} = P$. Como la presión es constante la integral anterior resulta ser

$$W = -P\Delta V = -P(V_f - V_i)$$

Si consideramos al nitrógeno como un gas ideal, entonces

$$V = nRT / P$$

Sustituyendo esta expresión evaluada en el estado final e inicial en la expresión para el trabajo se tiene:

$$W = - nR (T_f - T_i)$$

de los datos del problema, $n = 1$ mol, $T_f = 600.15$ K y $T_i = 300.15$ K así

$$W = - 2\,494.2 \text{ J}$$

Para calcular la cantidad de calor tenemos que:

$$Q = n C_p \Delta T = - n C_p (T_f - T_i) = 8\,716.2 \text{ J}$$

Por otro lado la expresión integrada de la primera ley para un sistema cerrado es:

$$\Delta U = Q + W$$

conocemos ambas cantidades por lo tanto $\Delta U = 6\,222.0$ J.

Lo único que falta calcular es el cambio de entalpía, pero sabemos que a presión constante $\Delta H = Q$, entonces $\Delta H = 8\,716.2$ J.

CINÉTICA

OBJETIVOS

- ▣ Calcular ordenes de reacción.
- ▣ Establecer leyes de velocidad.
- ▣ Determinar mecanismos de reacción a partir de leyes de velocidad.
- ▣ Diferenciar entre reacciones paralelas y reacciones en serie.
- ▣ Relacionar la constante de equilibrio con la constante de velocidad.
- ▣ Observar los efectos de un catalizador sobre la velocidad de las reacciones.
- ▣ Visualizar la importancia de las enzimas en las reacciones biológicas.

PROBLEMAS PROPUESTOS

Problema 1 (*)

La tintura de yodo fue empleada como antiséptico por vez primera por un cirujano francés en 1839. En Estados Unidos de América durante la guerra civil se usó para tratar las heridas en el campo de batalla. A pesar del gran número de antisépticos que existen en la actualidad, el yodo sigue utilizándose en virtud de su eficacia, economía y baja toxicidad. El yodo reacciona con la acetona en solución acuosa para dar iodoacetona. La ecuación estequiométrica es:



La velocidad de la reacción se puede saber midiendo la desaparición de I_2 con el tiempo. Algunos datos de concentraciones y velocidades iniciales son:

$-d(\text{I}_2)/dt$ ($^{\text{mol}}/\text{Ls}$)	$[\text{I}_2]$ Molar	[acetona] Molar	$[\text{H}^+]$ Molar
7×10^{-5}	5×10^{-4}	0.2	10^{-2}
7×10^{-5}	3×10^{-4}	0.2	10^{-2}
1.7×10^{-4}	5×10^{-4}	0.5	10^{-2}
5.4×10^{-4}	5×10^{-4}	0.5	3.2×10^{-2}

- Encuentra el orden de la reacción con respecto a I_2 , a acetona y a H^+ .
- Escribe una ecuación diferencial expresando lo que encontraste en a) y calcula la constante de velocidad promedio.
- ¿Cuánto tiempo te tomará sintetizar 0.001 moles por litro de iodoacetona empezando con 5 moles por litro de acetona y 0.01 moles por litro de I_2 , si la concentración de H^+ permanece constante a 1 mol por litro? ¿Será más rápida la reacción si duplicamos la concentración de acetona? ¿Y si duplicamos la de yodo? ¿Qué pasará si se duplica la concentración de iones H^+ ?

Respuestas:

- Orden 0 con respecto a I_2 ; orden 1 con respecto a acetona y a H^+
- $k = 3.5 \times 10^{-2}$
- $5.7 \times 10^{-3} \text{ s}$

Problema 2 (*)

La edad del vino se puede determinar midiendo el contenido de tritio ($^3\text{H}_1$) radioactivo. El tritio está presente en estado estable en la naturaleza. Se forma inicialmente por irradiación cósmica de vapor en la atmósfera alta, para después decaer espontáneamente en un proceso de primer orden con una vida media de 12.5 años. Lo importante es que la reacción de formación no ocurre de manera significativa dentro de una botella de vidrio en la superficie terrestre. Si un vino presenta el 25% de la radioactividad que tiene un vino recién embotellado, ¿qué edad tiene?

Respuesta:

25 años

Problema 3 (*)

Una persona se toma un litro de agua contaminada que contiene alrededor de 100 bacterias, que siguen el siguiente esquema de crecimiento en las condiciones fisiológicas del cuerpo humano:

Tiempo (minutos)	Número de bacterias
0	100
30	200
60	400
90	800
120	1600

- a) ¿Cuántas bacterias habrá después de 3 horas de haberse tomado el agua?
- b) ¿Cuál es el orden de la cinética del proceso?
- c) ¿Cuánto tiempo tendrá que pasar para tener 10^6 bacterias?
- d) ¿Cuál es la constante de velocidad de la reacción?

Respuestas:

- a) 6 400 bacterias

- b) Primer orden
- c) 398.6 min
- d) 0.023105

Problema 4 (**)

La población de la Tierra en 1977 era de 4.0 billones de personas. Cada 35 años se duplica. Asumiendo que el tiempo en que se duplica permanece constante:

- a) ¿En qué año la población de la Tierra será de 150 billones?
- b) ¿Cuánto tiempo pasará antes de que la densidad de población sea tan grande que cada persona sólo pueda ocupar en promedio 1 m^2 de la superficie de la Tierra? Recuerda que aproximadamente el 70% del planeta está cubierto por océanos.
- c) Usando la respuesta del inciso anterior, calcula la población mundial pero ahora retrocediendo en el tiempo el mismo número de años. (Ten en cuenta que el tiempo de duplicación de la población decrece rápidamente durante este intervalo).

Respuestas:

- a) En el año 2 160
- b) 1 137 años
- c) 668 personas

Problema 5 (**)

En vista de que los combustibles fósiles se están acabando, se necesitan fuentes alternativas de energía. Una reciente propuesta es la de usar látex. El látex es un hidrocarburo de plantas y representa alrededor del 50% del carbono fijado durante el proceso de fotosíntesis por los árboles de caucho. Se cree que este material se puede procesar en las refinerías de manera similar a como se hace con el petróleo. En Brasil crecen alrededor de 24 689 árboles de caucho por km^2 . Bajo condiciones óptimas, un árbol de caucho puede producir 10 kg de látex utilizable por año. El calor de combustión de estos hidrocarburos es de 154 kcal/mol de CH_2 , alrededor de 11 kcal/g.

- a) ¿Qué fracción de la energía solar anual es almacenada en un árbol de caucho si la energía solar incidente es $10.76\text{ kcal/mol m}^2$?

b) Si consideras que el consumo de combustible fósil en México es del orden de 1×10^{15} kcal/año. ¿Cuántos árboles de caucho se tendrían que sembrar para cubrir las necesidades anuales?

Respuestas:

- a) 435.80 kcal/mol
- b) 9.1×10^9 arboles

Problema 6 (**)

Las nieblas fotoquímicas se producen en algunas ciudades grandes por una reacción fotoquímica de descomposición del NO_2 gaseoso en NO y O_2 , gaseosos también. Tratando de resolver el problema se estudió la reacción inversa, es decir, la reacción de formación de NO_2 . La cinética de la reacción indica que su velocidad se cuadruplica al duplicar la concentración de NO , manteniendo constante la del oxígeno; y también que la velocidad se duplica al duplicar la concentración de O_2 , manteniendo la de NO constante. Determina la ley de velocidad y el orden global de la reacción inversa. ¿Cómo se podría hacer que la reacción fotoquímica fuera 32 veces más lenta?

Respuestas:

El orden global de la reacción es 3

Problema 7 (*)

Una reacción bioquímica en el cuerpo humano a 36°C y en presencia de enzimas transcurre 10^4 veces más rápido que en un laboratorio experimental a la misma temperatura pero sin enzimas. Se puede considerar que todas las demás condiciones son las mismas en ambos casos. ¿Cuánto disminuye la energía de activación por la presencia de las enzimas?

Respuesta:

$$\Delta E_a = -23.66 \text{ kJ/mol}$$

Problema 8 (**)

La miosina es una importante enzima que se encuentra de forma de filamentos en el músculo cardíaco. Realiza la defosforilación del ATP. Su velocidad inicial puede estimarse por la cantidad de fosfato producido en 100 segundos, $[P_i]_{100}$. La reacción es



y los datos que han sido medibles son los siguientes:

$[\text{ATP}]_0$ (mM)	7.1	11	23	40	77	100
$[P_i]_0$ (mM)	2.4	3.5	5.3	6.2	6.7	7.1

Por medios gráficos evalúa la constante de Michaelis y la velocidad máxima para esta reacción a 25°C. La concentración inicial de la miosina es de 0.040g/L.

Respuesta:

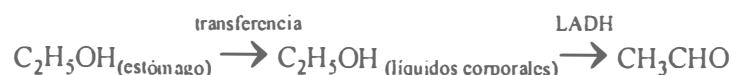
$$K_m = 38.32 \mu\text{M}$$

$$V_{\max} = 0.144 \mu\text{M/s}$$

Problema 9 (*)

El alcoholismo en los humanos es una enfermedad que tiene serias consecuencias sociológicas y bioquímicas. Las investigaciones se centran en tratar de averiguar cuál es la naturaleza bioquímica de este trastorno para saber mejor cómo puede tratarse. Uno puede analizar este problema usando varios estudios cinéticos. De esta forma, se sabe que el alcohol tomado oralmente se transfiere desde el tracto gastrointestinal hasta la sangre por un proceso de primer orden con un tiempo medio de 4 minutos. (Todas las estimaciones pueden variar de un individuo a otro hasta en un 25%). El transporte por el flujo sanguíneo a varios fluidos corporales acuosos es muy rápido. Por tanto, el alcohol es rápidamente distribuido a través de aproximadamente 40 litros de fluidos acuosos que tiene un adulto humano. Estos fluidos actúan como esponjas de las cuales tiene que ser separado el alcohol. Esta extracción ocu-

re en el hígado, donde el alcohol es oxidado a acetaldehído en presencia de la enzima del hígado alcohol deshidrogenasa (LADH). Este proceso puede representarse con la reacción:



y tiene una cinética de orden cero. Un valor típico de la velocidad de esta reacción es 10 mL de etanol por hora por litro de fluido. El consumo de alrededor de 1 mol (46 g o 60 mL) de etanol, produce un estado que está definido legalmente como de intoxicación. A este nivel, el alcohol es rápidamente asimilado en los líquidos corporales, y lentamente eliminado por el hígado.

a) Basándote en los datos anteriores, calcula al menos tres puntos que te permitan construir una curva de la concentración de etanol en los fluidos del cuerpo como función del tiempo, siguiendo el consumo de 60 ml de etanol al tiempo cero. Dirige tu atención al máximo valor alcanzado y a la porción en que decae de la curva.

b) ¿Cuál es la máxima concentración de etanol en los fluidos del cuerpo después de consumir 60 ml de etanol? Toma este valor como el valor límite para definir una intoxicación legalmente y marca una línea horizontal en este nivel. ¿Cuántas horas se requieren para reducir la concentración de etanol esencialmente a cero? A este periodo se le conoce como tiempo de recuperación.

c) En la misma curva grafica una curva mostrando la dependencia del tiempo siguiendo un consumo inicial de 120 ml de etanol. ¿Cuánto tiempo permanece la concentración por encima del valor de intoxicación legal en esta curva? ¿Cuál es el periodo de recuperación ahora?

d) Sin construir ninguna curva, estima el tiempo que una persona permanecerá legalmente intoxicado si consume 180 ml de etanol.

e) Si se consumen 60 ml de etanol inicialmente, ¿cuál es la cantidad máxima de alcohol que esta persona puede tomar en intervalos subsecuentes de una hora para permanecer excediendo el nivel de la intoxicación legal?

f) Es una opinión popular el hecho que en una fiesta los bebedores son menos susceptibles de una intoxicación porque el consumo del alcohol se lleva a cabo durante un periodo largo. Grafica la concentración en los fluidos corporales de una persona que está en una fiesta y que consume 120 ml de etanol en periodos de 1 hora con quince minutos. ¿Están de acuerdo tus observaciones con lo que comunmente se cree?

Respuestas:

b) $[\text{Alcohol}]_{\text{máx}} = 1.5 \text{ mL/L (fluido)}$

$t = 0.15 \text{ h}$

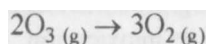
c) $t = 0.15 \text{ h}$

periodo = 0.3 h

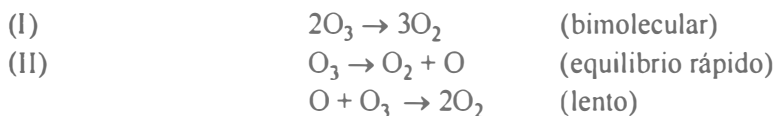
d) $t = 0.3 \text{ h}$

Problema 10 (**)

El ozono gaseoso es un importante contaminante que produce irritaciones en las mucosas. Actualmente su concentración se utiliza como una medida del grado de contaminación que tiene una ciudad. Se sabe que se descompone de acuerdo con la siguiente reacción global estequiométrica:



Para esta reacción se han propuesto dos mecanismos alternativos:



a) Deriva las leyes de velocidad para la formación de O_2 en los dos mecanismos.

b) A través de mediciones termodinámicas se obtienen entalpías estándar de formación para cada una de las siguientes especies a 298 K:

sustancia	$\Delta H^\circ_{298}(\text{kcal/mol})$
O_2 gaseoso	0.0
O_3 gaseoso	34.0
O gaseoso	59.6

La entalpía de activación $\Delta H^\ddagger$ observada para la reacción global es 30 kcal/mol de O_3 . Grafica la entalpía por mol de O_3 contra la coordenada de reacción para los dos mecanismos propuestos. Calcula las curvas con valores numéricos para la entalpía molar de los reactivos, de los productos, de los intermediarios y de los estados de transición.

c) Con toda la información que puedas sacar del inciso anterior, ¿podrías descartar alguno de los mecanismos propuestos? Explica tu respuesta.

d) Propón un procedimiento cinético para distinguir entre los dos mecanismos. Establece claramente la naturaleza de los experimentos que tendrías que desarrollar y qué resultados tendrías que observar para tomar una decisión.

Respuestas:

- a) I: $dO_2/dt = 3k(O_3)^2$, II: $dO_2/dt = 2(k_2k_1/k_{-1})(O_3)^2/(O_2)$
 c) No. $\Delta H^\ddagger > 0$ para el mecanismo (I) y $\Delta H^\ddagger > 25.6$ kcal para el mecanismo (II)

Problema 11 ()**

En las plantas de tratamiento de aguas negras se mide el contenido de materia orgánica biodegradable de forma directa por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). El DBO es la cantidad de oxígeno necesaria para que se degrade la materia orgánica a materia no contaminante (CO_2 y H_2O). En presencia de un exceso de oxígeno, la degradación de la materia orgánica, en su etapa más importante, responde a una cinética de primer orden en la materia orgánica. Hay dos tipos de DBO: el ejercido, que es el oxígeno ya utilizado y que es proporcional a la materia orgánica ya degradada; y el total, que es una medida de la materia orgánica biodegradable que contenían las aguas negras originalmente. El DBO ejercido es cero a tiempo cero, cuando aún no comienza la degradación, y aumenta proporcionalmente respecto de la materia orgánica degradada hasta alcanzar el valor final que es el DBO total. En un laboratorio se ha encontrado que a $30^\circ C$ el 65% del DBO total se ejerce en 5 días.

a) ¿Cuánto tiempo tardan en ejercerse el 95% y el 99% del DBO total? Haciendo experimentos se encontró que el DBO ejercido a $9^\circ C$ varía con el tiempo de la siguiente forma:

DBO ejercido (mg/L)	23.1	38.5	48.9	55.9	63.7
tiempo (días)	5	10	15	20	30

- b) ¿En cuántos días se puede considerar completo el proceso?
 c) ¿En cuántos días se ejerce el 65% del DBO total?

Respuestas :

- a) 14 y 22 días respectivamente
 b) 60 días
 c) 13 días

Problema 12 (**)

En la levadura y en otros microorganismos que fermentan la glucosa y la transforman en etanol y CO_2 , en lugar de producir lactato, la ruta enzimática de la degradación de la glucosa es idéntica a la de la glucólisis anaerobia. Sólo se diferencia por la etapa catalizada por la lactato deshidrogenasa. En la levadura, que no contiene lactato deshidrogenasa como la del tejido muscular, tienen lugar dos reacciones enzimáticas que la sustituyen. En la primera el piruvato procedente de la degradación de la glucosa pierde su grupo carboxilo por la acción de la descarboxilasa del piruvato. La descarboxilación puede medirse por la cantidad de CO_2 formado. Para las cantidades iniciales dadas en la Tabla, determina la constante de Michaelis-Menten para la enzima, y la velocidad máxima, por el método gráfico.

Concentración de piruvato (Molar)	Velocidad inicial (mmol CO_2 /2min)
2.500	0.588
1.000	0.500
0.714	0.417
0.526	0.370
0.250	0.256

Respuesta:

$$K_m = 0.44\text{M}, V_{\text{máx}} = 0.35 \text{ mmol } \text{CO}_2/\text{min}$$

Problema 13 (*)

La hidrólisis de la sacarosa rinde una mezcla equimolar de *D*-glucosa y *D*-fructosa. Se lleva a cabo catalizada por la enzima invertasa y puede seguirse midiendo la velocidad inicial de cambios en la rotación óptica, a varias concentraciones iniciales de sacarosa. Se ha observado que en presencia de urea, la reacción es inhibida reversiblemente, como puede verse en la siguiente Tabla:

Sucrosa inicial (M)	0.0292	0.0584	0.0876	0.117	0.175	0.234
Velocidad inicial v_0	0.182	0.265	0.311	0.330	0.372	0.371
Velocidad inicial (2M urea) v'_0	0.083	0.119	0.154	0.167	0.192	0.188

Con la información anterior:

a) Haz una gráfica adecuada de los datos en ausencia de urea y determina la constante de Michaelis para esta reacción.

b) Lleva a cabo un análisis adecuado de los datos en presencia de urea y determina si la urea es un inhibidor competitivo o no competitivo de la enzima para esta reacción. Justifica tu respuesta.

Respuestas:

a) 44 mM

b) No competitivo

Problema 14 (**)

La manufactura de chocolates rellenos de algún líquido azucarado constituye una aplicación interesante de ingeniería enzimática. El centro líquido está formado principalmente por una disolución de azúcares, rica en fructosa para darle el sabor dulce. El dilema técnico es el siguiente: el chocolate del recubrimiento debe prepararse vertiendo chocolate caliente fundido sobre un núcleo sólido, pero consiguiendo que el producto final tenga un centro líquido rico en fructosa. Sugiere un método para resolver este problema utilizando la información del problema anterior.

Respuesta:

La sacarosa con agua forman el núcleo sólido. Se le añade una pequeña cantidad de invertasa y se recubre con chocolate de inmediato.

Problema 15 (**)

La enzima superóxido dismutasa (SOD) fue descubierta en 1968, y es una de las más dispersas dentro del organismo. De una forma u otra, su presencia ha sido demostrada en tejidos mamarios, en sangre, en invertebrados, en plantas, en algas y en bacterias aeróbicas. Cataliza la reacción



donde O_2^- representa a la molécula de oxígeno con un par electrónico extra. La SOD es de gran importancia para la desintoxicación de tejidos porque elimina al O_2^- que tiene cierta peligrosidad. Esta enzima tiene un comportamiento peculiar. Su cinética enzimática es independiente del pH en el rango de 5 a 10. Usando los datos de la Tabla:

$(1/v)$ (segundos/Molaridad)	$1/[\text{O}_2^-]$ (1/Molaridad)
260	13.0×10^4
175	8.5×10^4
122	6.0×10^4
60	3.0×10^4
10	0.50×10^4

- Haz una curva de acuerdo con el método de Lineweaver-Burk.
- ¿Qué valores obtuviste para $V_{\text{máx}}$ y K_m para esta reacción? No te sorprendas si son inusuales.
- ¿Cuál es el orden de la reacción con respecto a O_2^- ? Explica tu respuesta.
- ¿Cómo puedes interpretar los resultados del inciso b) en términos de un mecanismo tipo Michaelis-Menten?
- La reacción es independiente del pH (en la región investigada) y de primer orden con respecto a la concentración de la enzima. Escribe la ley de velocidad más simple consistente con las observaciones experimentales. ¿Cuál es el valor de la constante de velocidad, en las unidades apropiadas?

Respuestas:

- Ambos son cero
- Primer orden

$$d) k_2 \gg (k_1 + K_{-1})$$

$$e) 1.25 \times 10^9 / \text{Ms}$$

Problema 16 (**)

Muchos hongos, microorganismos marinos, medusas y crustáceos, así como la libélula, son capaces de producir bioluminiscencia, fenómeno que consume gran cantidad de energía. En la libélula se emplea una combinación de ATP y de energía de oxidación. El ATP puede dividirse también dando AMP y pirofosfato, que a su vez es catalizado por la enzima pirofosfatasa en una reacción de hidrólisis favorecida a pH de 5.3. Para la enzima pirofosfatasa se determinaron los siguientes valores de $V_{\text{máx}}$ a diferentes temperaturas, con una preparación de la enzima parcialmente purificada.

Temperatura (K)	288	298	308	313
$V_{\text{máx}}$ (mmol/min)	6.53	10.47	16.79	20.65

La energía de activación de la reacción de hidrólisis no catalizada es 121.3 kJ/mol. Calcula la energía de activación de la reacción catalizada por la enzima y compárala con la no catalizada.

Respuesta:

34.6 kJ/mol

Problema 17 (*)

La lisozima es una enzima que se encuentra en la clara de huevo y en la secreción lacrimal humana. Cataliza la ruptura hidrolítica de los polisacáridos complejos de las paredes celulares protectoras de algunas familias de bacterias. La lisozima recibe este nombre porque puede lisar, o disolver, las paredes celulares bacterianas y puede actuar de este modo como agente bactericida. En un experimento de laboratorio, dos estudiantes aislaron independientemente a la lisozima. Cada uno empleó la clara de un huevo de gallina. La obtuvieron en forma de disolución concentrada. Midieron la actividad de sus propias disoluciones enzimáticas en función de la concen-

tración de sustrato en condiciones idénticas y determinaron la $V_{\text{máx}}$ y la K_m de sus preparaciones. Cuando compararon sus resultados observaron que las K_m eran iguales pero las $V_{\text{máx}}$ eran radicalmente diferentes. Uno de los estudiantes argumentaba que los valores de $V_{\text{máx}}$ confirmaban que había aislado formas distintas de la misma enzima. El otro estudiante razonaba diciendo que a pesar de la diferencia en los valores de $V_{\text{máx}}$ habían aislado la misma forma de la enzima. Si tu fueras el profesor ¿a cuál aprobarías? Justifica tu respuesta.

Respuesta:

Aprueba el que asegura que aislaron la misma forma de la enzima.

PROBLEMAS RESUELTOS

Problema 3 (*)

Una persona se toma un litro de agua contaminada que contiene alrededor de 100 bacterias, que siguen el siguiente esquema de crecimiento en las condiciones fisiológicas del cuerpo humano:

Tiempo (minutos)	Número de bacterias
0	100
30	200
60	400
90	800
120	1600

- a) ¿Cuántas bacterias habrá después de 3 horas de haberse tomado el agua?
- b) ¿Cuál es el orden de la cinética del proceso?
- c) ¿Cuánto tiempo tendrá que pasar para tener 10^6 bacterias?
- d) ¿Cuál es la constante de velocidad de la reacción?

En este tipo de problemas puedes determinar una ecuación general que siga el crecimiento de las bacterias de tal manera que si determinas esta ecuación puedes interpolar o extrapolar datos que no se determinaron experimentalmente.

Grafica el número de bacterias (N) en función del tiempo (t) y observarás que el aumento de la población de bacterias es exponencial por lo que debe seguir una ecuación del tipo

$$N = N_0 \exp(\lambda t) \quad (1)$$

donde N_0 y λ son parámetros característicos de cada problema y deben ser determinados. Al aplicar el logaritmo natural ($\ln$) a la ecuación anterior se obtiene

$$\ln(N) = \ln(N_0) + \lambda t \quad (2)$$

y con esto una relación lineal entre el tiempo y el $\ln(N)$. Siendo la pendiente el parámetro λ y la ordenada al origen el $\ln(N_0)$. Al aplicar métodos gráficos o recurriendo a los mínimos cuadrados se obtiene:

$$N_0 = 100 \quad \lambda = 0.023$$

Una vez teniendo esta ecuación puedes resolver cualquiera de los incisos, por ejemplo en el inciso (a) $t = 3$ horas = 180 min al sustituir en (1) se tiene que $N = 6\,400$.

Problema 7 (*)

Una reacción bioquímica en el cuerpo humano a 36°C y en presencia de enzimas transcurre 10^4 veces más rápido que en un laboratorio experimental a la misma temperatura pero sin enzimas. Se puede considerar que todas las demás condiciones son las mismas en ambos casos. ¿Cuánto disminuye la energía de activación por la presencia de las enzimas?

Lo que se pretende conocer es la diferencia en la energía de activación (ΔE_a) de una reacción que se lleva a cabo en las mismas condiciones de temperatura, pero a diferentes velocidades de reacción. Esto quiere decir que la constante de velocidad (k) será diferente para cada una de las reacciones.

Si planteamos la ecuación de Arrhenius para cada una de las k 's se tiene:

$$k = A \exp(-E_a/RT) \quad (1a) \text{ y } k' = A \exp(-E_a'/RT) \quad (1b),$$

nótese que A y T son las mismas en ambas ecuaciones.

Si combinamos las ecuaciones anteriores podemos mostrar que

$$k'/k = \exp(-E_a'/RT + E_a/RT) \quad (2)$$

y al rearmar la ecuación obtenemos

$$\Delta E_a = -RT \ln(k'/k).$$

En nuestro caso para $k'/k = 104$ y $T = 309 \text{ K}$, tenemos:

$$\Delta E_a = -23.66 \text{ kJ/mol}.$$

APÉNDICE I

Tabla 1. Datos Termodinámicos para compuestos inorgánicos y orgánicos.

Sustancia	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/mol K)
$C_6H_{12}O_{6(s)}$ (glucosa)	-1268	-910.52	212.13
$C_{12}H_{22}O_{11(s)}$ (sacarosa)	-2221.7	-1544.65	360.24
$C_{12}H_{22}O_{11(s)}$ (maltosa)	-2220.87	-1726.32	
$C_6H_6O_{2(l)}$	-364.34		
$C_6H_4O_{2(s)}$	-184.51	-83.68	162.76
$(C_2H_5)_2O_{(g)}$ (éter)	-252.13	-122.34	342.67
$(C_2H_5)_2O_{(l)}$	-273.2	-116.65	253.13
$C_6H_{6(l)}$	-49.03	124.3	173.3
$CH_3OH_{(l)}$	-238.6	-166.23	126.8
$CO_{2(g)}$	-393.5	-394.4	213.6
$CO_{(g)}$	-110.5	-137.3	197.9
$Ca_3(PO_4)_2(s)$	-3791.54	-3884.84	235.98
$Ca_3(PO_4)_2(ac)$	-4183.16	-3698.24	602.49
$Ca(H_2PO_4)_2(s)$	-3114.57		
$H_2O_{(l)}$	-285.9	-237.2	69.96
$H_2O_{(g)}$	-241.8	-228.61	188.7
$H_2O_{2(l)}$	-191.6	-120.4	109.6
$H_2O_{2(g)}$	-136.10	-83.68	162.76
$H_3PO_{4(l)}$	-1254.36	-1111.69	150.62
$H_3PO_{4(ac)}$	-1281.14	-1142.65	158.15
$HCO_2H_{(l)}$ (ácido fórmico)	-424.72	-361.46	128.95
$H_3C_6H_5O_7(l)$ (ácido cítrico)	-1543.9	-1236.37	166.23
$NO_{2(g)}$	33.85	51.84	240.45
$Na_2SO_{4(s)}$	-1384.9	-1266.83	149.5

Sustancia	ΔH°_f (kJ/mol)	ΔG°_f (kJ/mol)	S° (J/mol K)
$\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4(\text{l})$	52.72		
$\text{SO}_{3(\text{g})}$	-395.2	-370.4	256.2

Tabla 2. Datos para el agua

Calores específicos

$$C_{p(\text{l})} = 4.184 \text{ J/}^\circ\text{C g}$$

$$C_{p(\text{s})} = 2.092 \text{ J/}^\circ\text{C g}$$

$$C_{p(\text{g})} = 1.841 \text{ J/}^\circ\text{C g}$$

Densidades

$$\rho (4^\circ\text{C}) = 1.00 \text{ g/mL}$$

$$\rho (0^\circ\text{C}) = 0.99987 \text{ g/mL}$$

$$\rho (25^\circ\text{C}) = 0.99707 \text{ g/mL}$$

$$\rho (100^\circ\text{C}) = 0.95838 \text{ g/mL}$$

Tabla 3. Constantes

$$R = 0.082 \text{ l atm/Kmol}$$

$$R = 1.987 \text{ cal/Kmol}$$

$$R = 8.314 \text{ J/Kmol}$$

$$k = 1.38 \times 10^{-16} \text{ erg/grado (constante de Boltzman)}$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$N_{\text{Avogadro}} = 6.022 \times 10^{23} \text{ cosas/mol}$$

Tabla 4. Prefijos y Unidades

Prefijo	Abreviatura	Significado	Ejemplo
Mega	M	10^6	1 Mg = 10^6 g
Kilo	k	10^3	1 kg = 10^3 g
Deci	d	10^{-1}	1 dg = 10^{-1} g
Centi	c	10^{-2}	1 cg = 10^{-2} g

Prefijo	Abreviatura	Significado	Ejemplo
Mili	m	10^{-3}	1 mg = 10^{-3} g
Micro	μ	10^{-6}	1 μ g = 10^{-6} g
Nano	n	10^{-9}	1 ng = 10^{-9} g
Pico	p	10^{-12}	1 pg = 10^{-12} g

Nombre	Unidad S.I.	Factores de Conversión
Presión	Pa (pascal)	1 atm = 101.325 Pa 1 atm = 760 mm Hg 1 atm = 14.7 lb/pulg ²
Masa	kg (kilogramo)	1 kg = 2.205 lb 1 ton = 10^3 kg
Volumen	m ³ (metro cúbico)	1 L = 10^{-3} m ³ 1 cm ³ = 1 mL
Energía	J (joule)	1 cal = 4.184 J 1 L atm = 101.325 J 1 J = 10^7 erg

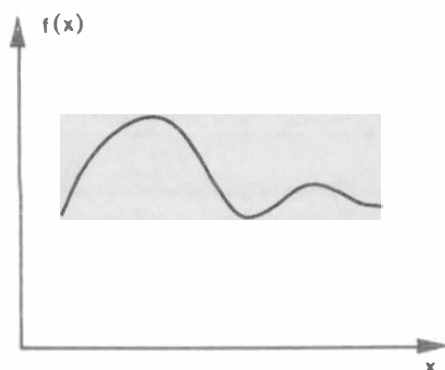
APÉNDICE II

NOTAS DE MATEMÁTICAS.

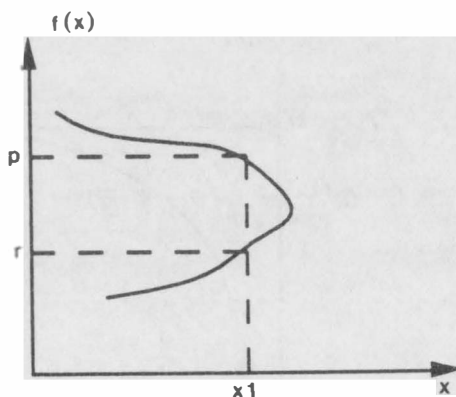
FUNCIÓN:

Una función ($f(x)$ o y) es una regla de correspondencia entre dos conjuntos, dominio y contradominio. En particular para nuestro caso estos conjuntos están formados por números reales. Es importante mencionar que a uno o varios valores del dominio le corresponde un solo valor del contradominio, pero lo inverso no es válido.

Lo anterior se puede representar gráficamente



Un ejemplo de lo que no es una función lo muestra la siguiente gráfica, ya que a un valor del dominio, x_1 , le corresponde dos valores del contradominio, p y r .



Pregunta:

¿La ecuación de una circunferencia es una función?

LÍMITE:

Se dice que el límite de $f(x)$, cuando x tiende a un valor k , es igual a s si la diferencia entre $f(x)$ y s es muy pequeña. Se puede representar como:

$$\lim_{x \rightarrow k} f(x) - s = 0$$

nótese que no necesariamente $x = k$.

Ejemplo:

Sea $f(x) = (\sin x)/x$, estando x expresado en radianes

x	π	$\pi/2$	$\pi/4$	$\pi/8$	$\pi/16$	$\pi/32$	...	0
$f(x)$	0	0.637	0.900	0.974	0.994	0.998	...	?

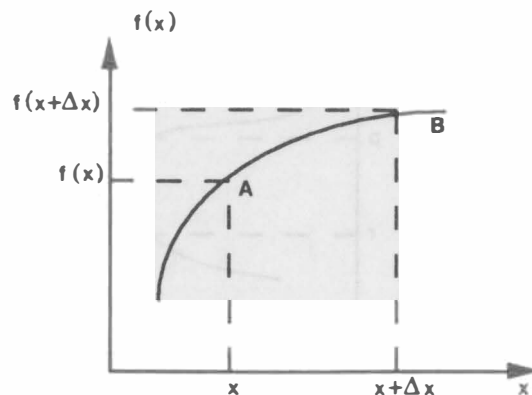
es claro en nuestro ejemplo que el límite de $f(x)$ es igual a uno cuando x tiende a cero, aún cuando en $x=0$ la función $f(x)$ no está definida.

DERIVADA DE UNA FUNCIÓN:

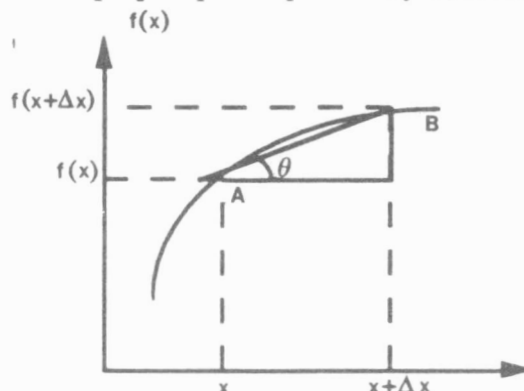
Se define la derivada de una función como:

$$\frac{df}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x},$$

la cual se puede representar geoméricamente, si se parte de la siguiente gráfica,



y se traza una recta secante que pase por los puntos A y B, construyendo el triángulo rectángulo



obteniendo a partir de éste que

$$\tan \theta = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{x + \Delta x - x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}.$$

Al tomar el límite $\Delta x \rightarrow 0$, el punto B se aproximará cada vez más al punto A y se tendrá entonces una recta tangente que toca al punto A con pendiente $m = \tan \theta = df/dx$.

Una forma de aproximar a df/dx sería

$$\frac{df}{dx} \cong \frac{\Delta f}{\Delta x}$$

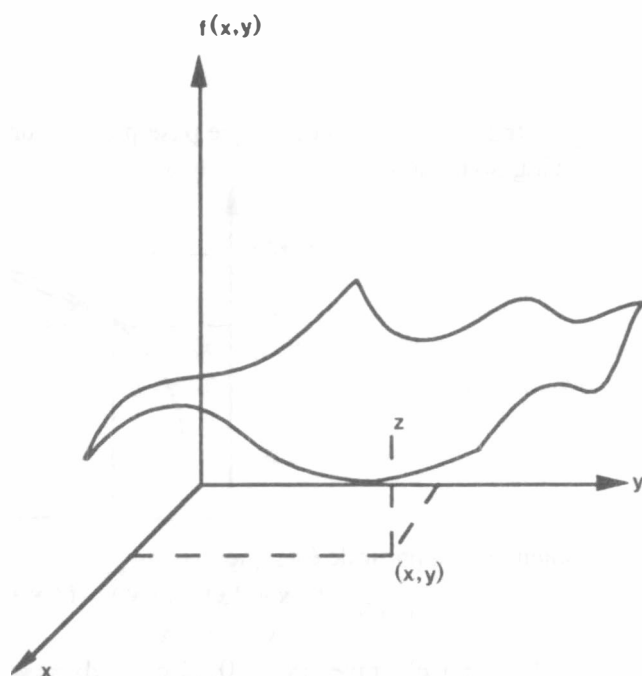
con lo que:

$$\Delta f \cong \frac{df}{dx} \Delta x.$$

Cuando $\Delta x \rightarrow 0$ se tiene la identidad, y se llega a que:

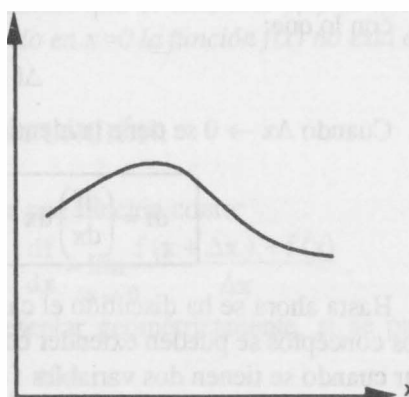
$$\boxed{df = \left(\frac{df}{dx} \right) dx} \quad \text{Diferencial de } f$$

Hasta ahora se ha discutido el caso en que se tiene sólo una variable pero los conceptos se pueden extender cuando se tienen más variables, en particular cuando se tienen dos variables $f=f(x,y)$ la gráfica que tendremos será una "sábana".



Supóngase que sobre la "sábana" nos movemos de tal manera que siempre se tiene el mismo valor de y (y_0 por ejemplo) con lo cual la gráfica se vería así

$$f(x, y_0)$$



Lo anterior nos permite definir a la derivada de f de la siguiente manera:

$$\frac{df}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x + \Delta x, y) - f(x, y)}{\Delta x},$$

sin embargo, para indicar los cambios de f con respecto a x manteniendo y constante, se escribe:

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)_y$$

y se lee: la parcial de f respecto de x manteniendo y constante.

Ejemplo:

En termodinámica son importantes las derivadas $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ y $\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T$. Para el modelo del gas ideal son particularmente sencillas de evaluar, ya que $PV=nRT$, $V=nRT/P$, y

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \left[\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{nRT}{P}\right)\right]_P$$

como en este caso P permanece constante

Ejercicio:

Para el gas ideal evalúe $\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T$.

Si $z=z(x,y)$, al igual que en el caso de una variable se puede encontrar la diferencial de z , por ejemplo al variar a x infinitesimalmente manteniendo y constante:

$$dz = \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y dx,$$

o en el proceso inverso:

$$dz = \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x dy,$$

pero en el caso general de que tanto x como y varíen se tendrá

$$dz = \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)_y dx + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)_x dy$$

Diferencial total de z .

A partir de la diferencial total se obtienen dos relaciones relevantes en la construcción de la Termodinámica Clásica:

- 1). Cuando y permanece constante $dy=0$ y la diferencial total toma la forma:

$$dz_y = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y dx_y,$$

al tomar la derivada con respecto a z manteniendo y constante se tiene:

$$\frac{dz_y}{dz_y} = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y \frac{dx_y}{dz_y}$$

o también:

$$1 = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y \left(\frac{\partial x}{\partial z} \right)_y$$

finalmente al dividir entre $\left(\frac{\partial x}{\partial z} \right)_y$ se obtiene que:

$$\left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y = \frac{1}{\left(\frac{\partial x}{\partial z} \right)_y}$$

Relación inversa.

2). Considere ahora un proceso en donde $dz=0$, quedando la diferencial total de z de la siguiente manera:

$$0 = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y dx_z + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_x dy_z,$$

al diferenciar lo anterior con respecto a dy manteniendo z constante se tiene:

$$0 = \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y \left(\frac{\partial x}{\partial y} \right)_z + \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_x,$$

que al dividir entre $\left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)_x$ y recurriendo a la relación inversa obtenemos

$$\left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)_y \left(\frac{\partial x}{\partial y} \right)_z \left(\frac{\partial y}{\partial z} \right)_x = -1$$

Regla cíclica.

Existe un concepto importante en Termodinámica Clásica y es el de función de estado. Se dice que una función $f(x,y)$ es una función de estado si su diferencial total es exacta, lo cual se llega a cumplir si:

$$\left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right) \right]_{x,y} = \left[\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right) \right]_{y,x}$$

Ejercicio:

En el caso del gas ideal muestra que el volumen es una funci3n de estado.

INTEGRAL DE UNA FUNCI3N:

Imagínate que se tiene la siguiente situaci3n:

$$\frac{dy}{dx} = f(x)$$

donde $f(x)$ es conocida (por ejemplo $f(x) = x$, ax^3 , $\ln(x)$, etc.) y lo que se pretende hacer es encontrar a la y tal que al derivarla con respecto a x dé como resultado $f(x)$.

Ejemplo:

Si $f(x) = 3x^2$, la y que buscamos sería x^3 ya que

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dx^3}{dx} = 3x^2 = f(x)$$

sin embargo, para este caso no se tiene soluci3n ́nica porque si $y = x^3 + C$, donde C es una constante arbitraria, la derivada de y con respecto a x daría el mismo resultado que en el caso anterior.

Al proceso de encontrar una y tal que al derivarla con respecto a x dé como resultado una $f(x)$ conocida se le da el nombre de integraci3n y es representado por:

$$y = \int f(x) dx.$$

Para el ejemplo anterior se tiene

$$y = \int 3x^2 dx = x^3 + C.$$

Hasta ahora el caso que hemos tratado es el de **integrales indefinidas** ya que aparece la constante arbitraria C .

Ejemplo:

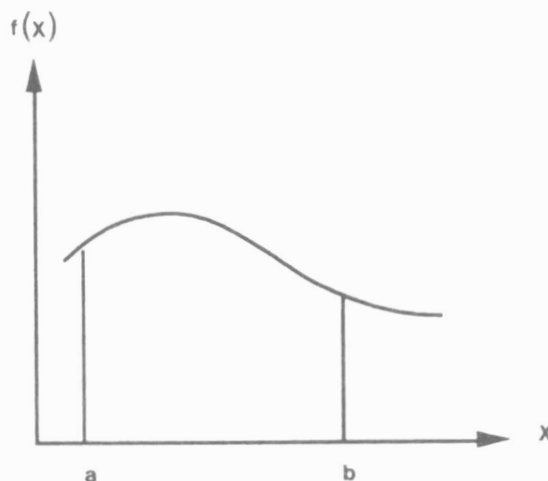
Algunos ejemplos ́tiles de integrales son:

$$\begin{aligned} \int dx &= x + C & \int x^n dx &= \frac{x^{n+1}}{n+1} + C \\ \int e^{ax} dx &= \frac{1}{a} e^{ax} + C & \int \frac{1}{x} dx &= \ln(x) + C \end{aligned}$$

$$\int \cos(ax) dx = \frac{1}{a} \sin(ax) + C$$

$$\int \sin(ax) dx = -\frac{1}{a} \cos(ax) + C.$$

Al igual que la derivada, la integral de una función tiene una interpretación geométrica muy clara, ya que nos representa el área bajo la curva que traza esta función. Sin embargo, para recurrir a esta interpretación geométrica se deben de especificar los límites en que se quiere encontrar el área mencionada



al hacer tal delimitación estamos encontrando la **integral definida** de la función, con lo que la constante arbitraria desaparece.

Ejemplo:

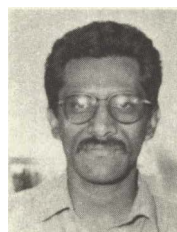
$$a) \int_0^1 x^2 dx = \left[\frac{x^3}{3} \right]_0^1 = \frac{(1)^3}{3} - \frac{(0)^3}{3} = \frac{1}{3}$$

$$b) \int_1^2 \frac{1}{x} dx = \ln(x) \Big|_1^2 = \ln(2) - \ln(1) = \ln(2)$$

*Problemas de Fisicoquímica I para Ciencias
Biológicas y de la Salud*

se terminó de imprimir en los talleres de
Compañía Editorial Marsa, S.A. de C.V.
en mayo de 1995.

El tiraje consta de mil ejemplares



Jorge Garza Olguín, realizó estudios de Licenciatura en Química y Maestría en Física en la Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa. Por su desempeño en cada una de estas etapas se hizo acreedor a la Medalla al Mérito

Universitario. Actualmente cursa el Doctorado en Ciencias en el Área de Fisicoquímica Teórica de la UAM - I.

Desde 1990 es Profesor Investigador del Departamento de Química de la UAM-I, y sus investigaciones en el campo de la Teoría de Funcionales de la densidad han sido plasmadas en revistas de corte internacional, lo cual le permitió ingresar al Sistema Nacional de Investigadores en el año de 1993.

Comprometido con su labor docente, ha elaborado material didáctico para los laboratorios de Química que se imparten en el tronco común de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la UAM-I.

Cuando abres un libro de Fisicoquímica y lo ves lleno de ecuaciones, posiblemente pienses que esta materia no tiene nada que ver con Biología, Medicina, Bioquímica o cualquier ciencia biológica. Sin embargo, queremos que te convenzas: la Fisicoquímica es necesaria para estudiar la naturaleza y puede aplicarse al estudio de cualquier parte del universo. Para lograrlo hemos realizado este material de apoyo, que es una serie de problemas donde relacionamos temas de interés biológico con los que aprenderás en tus cursos de Fisicoquímica. Encontrarás en ellos aplicaciones que no te habías imaginado.

Este libro está diseñado especialmente para estudiantes de Ciencias Biológicas y de la Salud, no porque un ingeniero y un biólogo deban tener diferentes niveles de conocimiento, sino porque los temas de interés y los problemas a que se enfrentan en su vida profesional son diferentes. Mientras que un ingeniero estudia la eficiencia de una máquina en una fábrica, un biólogo lo hace respecto al cuerpo humano. Ambos fenómenos son de igual importancia y el nivel requerido de conocimientos es el mismo, pero obviamente los problemas son diferentes.

Esperamos motivarte al estudio de la Fisicoquímica y mostrarte su importancia en tu carrera profesional. Hemos organizado los problemas de tal manera que puedas trabajar solo, hasta donde te sea posible. Por eso cada problema tiene su respuesta y hemos escogido algunos de los más representativos para mostrarte la solución detallada. El orden de dificultad está señalado con asteriscos y al inicio de cada capítulo se da una lista de los conceptos que reafirmarás al resolver los problemas correspondientes. Anexamos también una breve revisión de los conceptos matemáticos que requieres para entender el lenguaje de la fisicoquímica y estar en condiciones de resolver los problemas.
