



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**

TITULO DE TESIS:

“Construcción y acoplamiento de un equipo de mezcla rápida a un espectrofotómetro UV – Visible para el estudio cinético de reacciones rápidas”

Tesis para obtener el título de Ingeniero Químico

TESISTA:

P.I.Q. Jorge Pavel Victoria Tafoya

ASESOR INTERNO:

Dr. Agustín Jaime Castro Montoya

ASESOR EXTERNO:

Dra. Guadalupe Ruiz Vega

Morelia, Mich., septiembre de 2007

DEDICATORIA:

A mi dios que se que existe, y que fue quién me bendijo con todo lo que esta alrededor mío.

A mis padres, mi papá Jorge, mi mamá Irma, mi mamá Lucha, mi mamá Aurorita y mi padrino José; por estar siempre conmigo durante toda mi vida, por haberme educado de la manera que lo hicieron y haber fijado unas bases firmes en mi, gracias a ellos estoy aquí y soy así como soy, los amo con todo mi corazón.

A mi hermano Julio, por ser mi compañero, mi amigo, por apoyarme mucho como persona y como estudiante durante todos estos largos años de escuela; por ser quien es y por ser mi hermano, mi complemento dentro de mi casa y mi familia.

A mi abuelito Teo y a mi abuelita Luz por que se que desde algún lugar del cielo me están cuidando, y por que se que desde el momento que me conocieron siendo un bebé hasta el día de su muerte me quisieron con todo su corazón.

A mi pequeña, Isis Muñoz Miranda, por ser la personita dueña de todo lo que mi corazón puede sentir por una mujer, por apoyarme durante casi tres años y darme aliento para seguir en los momentos agradables y desagradables, por quererme tanto como la quiero yo a ella (aunque tu siempre dices que me quieres querer mas pequeña).

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres por haberme brindado la oportunidad de ser alguien en la vida y ponerme el buen ejemplo con el que educaré yo también a mis hijos.

A mi familia de la ciudad de México por el apoyo brindado a mi persona, por el cariño demostrado durante toda mi vida, y por el interés que tienen en la persona que soy y seré.

A Isis por estar conmigo en estos momentos de mi titulación y durante más de la mitad de mi carrera, por apoyarme y quererme, gracias. . . a su hermanita Amiris por quererme también, por apoyarme en ciertos momentos que fueron difíciles aunque yo no me daba cuenta, por ayudar a que el cariño entre Isis y yo sea más fuerte día con día.

A la Doctora Lupita Ruiz por haberme dado todas las facilidades para realizar este trabajo de tesis, así como también todas las enseñanzas que me dejó la convivencia con ella dentro y fuera del salón de clase; al Doctor Agustín Castro por brindarme el apoyo dentro de la facultad para defender esta tesis y también por darme los conocimientos de una materia fascinante dentro de la ingeniería.

A mi amigo de siempre: Eduardo Rocha, por apoyarme, aconsejarme y ser mi amigo incondicional, a toda su familia también le quiero agradecer por que yo también los considero mis amigos y los aprecio demasiado.

A mis amigos de la niñez: Moisés Medina, Alberto Jiménez, Juan Paulin, Rodrigo Álvarez y Juan Cristóbal Torres por haber estado ahí siempre conmigo todos estos años, por compartir recuerdos que se me quedarán en mi mente durante toda mi vida.

A mis amigas de toda la vida: Ariadna Sánchez, Yunuen Vargas, Claudia García y Marisol Aburto, por que todas han estado en momentos importantes de mi vida, por que todas tienen la paciencia para escucharme, comprenderme y darme un buen consejo cuando las busco.

A mi mejor amiga de la facultad: Gabriela De la Paz, por brindarme su amistad plena, sin negación alguna, por apoyarme durante más de 4 años de carrera y hasta la fecha, por escuchar mis problemas y por tener siempre la frase justa para yo poder reflexionar al respecto.

A mis amigos de la Facultad: Gerardo Rangel, Noé Contreras, Gerardo Díaz, Julio César Lemus, Carlos Burgos, Goyo, Joeric Ahuja y los Pablitos, por que siempre me hacían pasar un rato ameno dentro y fuera del salón de clases, por que todos ellos siempre llevaré un buen recuerdo y en algunos casos alguna profunda conversación que llevó a algo productivo.

A todas aquellas personas que tuvieron que ver algo en mi vida, durante y antes de la carrera y que se me olvidó mencionar pero que están muy presentes en mi corazón.

CONSTRUCCIÓN Y ACOPLAMIENTO DE UN EQUIPO DE MEZCLA RAPIDA A UN ESPECTROFOTOMETRO UV – VISIBLE PARA EL ESTUDIO CINÉTICO DE REACCIONES RAPIDAS

El estudio de la cinética química es de vital importancia para el buen desempeño de un ingeniero químico en su campo de acción. La cinética química es una herramienta que brinda al ingeniero químico el conocimiento acerca de las variables que intervienen en la rapidez a la cual progresa una reacción, entre otras se pueden mencionar la temperatura, la concentración, el coeficiente cinético y la conversión. Dichos conceptos son básicos para el buen diseño y operación de equipos de reacción.

Desafortunadamente el estudio de la cinética química no siempre es sencillo, ya que en muy pocas ocasiones se puede medir directamente el cambio de la concentración de un reactivo con respecto del tiempo por lo que se hace necesario la medición de otras variables físicas o químicas que se puedan relacionar fácilmente con la concentración de un reactivo. Entre los métodos experimentales que ofrecen una alternativa a la determinación de la concentración en forma indirecta destaca la espectrofotometría UV-Visible ya que la absorbancia, se relaciona directamente con la concentración de una especie química.

Hoy en día se cuenta con equipos, cuyas características de diseño permiten una gran precisión en el registro de las medidas de Absorbancia. La versatilidad en el diseño de equipos permite monitorear desde una reacción con un tiempo de vida menor a 1 segundo hasta aquellas que se extienden por varias horas, lo que hace sumamente conveniente el uso de la espectrofotometría para el estudio cinético de reacciones.

Gracias a la sincronización en la detección que ésta técnica ofrece es posible realizar estudios de cinéticas extremadamente rápidas, como por ejemplo la oxidación del cromo, la descomposición del ión xantato, la reacción de Moffat – Swern para la oxidación de alcoholes pasando por di-metil sulfóxido para producir compuestos carbonilos, etc.

En numerosas ocasiones estas reacciones son intermedias y el no tener el conocimiento adecuado a cerca de estas reacciones puede implicar una menor conversión en el reactor e impactar directamente la economía del proceso.

En este trabajo de tesis se elaborará un equipo de mezcla rápida para hacer el estudio cinético de este tipo de reacciones. La hipótesis es conseguir condiciones de mezcla rápida y simultáneamente abatir el costo de mercado para poder construir un equipo de mezcla rápida con materiales de fácil acceso en el mercado mexicano a un precio más económico.

Para el diseño de este equipo de mezclado se harán cálculos de potencia con la ecuación de Bernoulli haciendo énfasis en las variables críticas que afectan este proceso de bombeo. Tras conocer la potencia requerida se seleccionará el dispositivo adecuado que pueda cubrir la demanda de potencia.

Ya construido el equipo se procederá a acoplarlo al espectrofotómetro Cary 50 de la marca Varian ®, para luego hacer el estudio de la cinética de descomposición del ión xantato en medio ácido, la cual es una reacción rápida. Posteriormente se analizarán el comportamiento cinético a través de los datos registrados de Absorbancia vs tiempo para comprobar el buen funcionamiento del equipo construido.

INDICE

GLOSARIO	v
CAPITULO 1: INTRODUCCION.	1
1.1 Importancia del estudio de la cinética química y el diseño de reactores para el ingeniero químico.	2
1.2 Cinética Química.	3
1.3 Clasificación de las reacciones químicas.	4
1.4 Variables que afectan a la velocidad de reacción.	6
1.5 Definición del concepto de velocidad de reacción.	7
1.6 Concepto de molecularidad y orden de reacción.	9
1.7 Coeficiente cinético k.	10
1.8 Espectrometría de absorción molecular ultravioleta/visible.	11
1.9 Medida de la transmitancia y de la absorbancia.	11
1.10 Ley de Beer.	13
1.11 Componentes de los instrumentos para medir absorbancia.	17
1.12 Tipos de instrumentos para medir absorbancia.	17
1.13 Tipo de espectrofotómetros.	19
1.14 Aplicaciones de la espectrofotometría en la cinética química.	22
CAPITULO 2: ANTECEDENTES.	26
CAPITULO 3: JUSTIFICACION.	31
CAPITULO 4: HIPOTESIS.	33
CAPITULO 5: OBJETIVOS.	35
CAPITULO 6: CONSTRUCCION Y ACOPLAMIENTO DEL EQUIPO DE MEZCLA RAPIDA.	37
6.1 Introducción.	38
6.2 Construcción del equipo de mezcla rápida.	40

6.2.1	Consideraciones generales para el cálculo de potencia para el equipo de mezcla rápida.	41
6.2.2	Cálculo de la potencia para el equipo de mezcla rápida.	44
6.2.3	Selección de los dispositivos y materiales que constituirán el equipo de mezcla rápida.	54
6.3	Acoplamiento del equipo de mezcla rápida.	60
CAPITULO 7: COMPROBACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE MEZCLA RAPIDA.		62
7.1	Introducción.	63
7.2	Descomposición del ión xantato.	63
7.2.1	Antecedentes de la descomposición del ión xantato.	63
7.2.2	Mecanismo de descomposición del ión xantato.	64
7.3	Materiales.	66
7.4	Técnica experimental.	67
CAPITULO 8: RESULTADOS Y ANALISIS.		69
8.1	Resultados.	70
8.1.1	Resultados arrojados por los barridos de los reactivos y los productos de la reacción de descomposición de amil xantato de potasio.	70
8.1.2	Resultados arrojados del monitoreo de la reacción de amil xantato de potasio a pH = 1.	71
8.2	Análisis.	72
CAPITULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.		78
9.1	Conclusiones.	79
9.2	Recomendaciones.	79

APENDICE A: GRAFICAS DE COEFICIENTES DE CONTRACCION Y EXPANSION SUBITA.	80
APENDICE B: TABLA DE RESULTADOS Y ANALISIS.	83
APENDICE C: MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO DE MEZCLA RAPIDA.	120
BIBLIOGRAFIA	122

GLOSARIO

Absorbancia: es el logaritmo base 10 del cociente de la intensidad de un haz de luz incidente sobre una muestra deseada.

Catalizador: es una sustancia (compuesto o elemento) capaz de acelerar (catalizador positivo) o retardar (catalizador negativo o inhibidor) una reacción química, permaneciendo éste mismo inalterado (no se consume durante la reacción).

Cinética Química: es el campo de la química que se ocupa de la rapidez o velocidad de las reacciones, así como de los mecanismos de las mismas.

Energía de Activación: es la energía que necesita un sistema antes de poder iniciar un determinado proceso. La energía de activación suele utilizarse para denominar la energía mínima necesaria para que se produzca una reacción química dada. Para que ocurra una reacción entre dos moléculas, éstas deben colisionar en la orientación correcta y poseer una cantidad de energía mínima. A medida que las moléculas se aproximan, sus nubes de electrones se repelen. Esto requiere energía (energía de activación) y proviene del calor del sistema, es decir de la energía traslacional, vibracional, etcétera de cada molécula. Si la energía es suficiente, se vence la repulsión y las moléculas se aproximan lo suficiente para que se produzca una reordenación de los enlaces de las moléculas.

Fotón: En física moderna el fotón (del griego $\phi\omega\varsigma$ *phōs* 'luz') es la partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético. El fotón tiene masa invariable igual a cero, y se mueve en el vacío a la velocidad constante c . En presencia de materia la partícula puede ser absorbida, transfiriendo energía y momento proporcional a su frecuencia.

Luz Ultravioleta: Se denomina luz ultravioleta a la región del espectro electromagnético cuyas longitudes de onda van aproximadamente desde los 400 nm, hasta los 15 nm

Luz Visible: Se denomina luz visible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. A la radiación electromagnética en este rango de longitudes de onda se le llama luz visible o simplemente luz. No hay límites exactos en el espectro visible; un típico ojo humano responderá a longitudes de onda desde 400 a 700 nm

Magnitud Extensiva: es una magnitud cuyo valor es proporcional al tamaño del sistema que describe. Esta magnitud puede ser expresada como suma de las magnitudes de un conjunto de subsistemas que formen el sistema original. Por ejemplo la masa y el volumen son magnitudes extensivas.

Magnitud Intensiva: es una magnitud cuyo valor no depende del tamaño ni la cantidad de materia del sistema. Es decir, tiene el mismo valor para un sistema que para cada una de sus partes consideradas como subsistemas abiertos. Por ejemplo, la densidad es una magnitud intensiva.

Molecularidad: es el número de de moléculas que intervienen en una reacción.

Orden de reacción: es el número al cual se encuentran elevadas las concentraciones en la ecuación de velocidad de reacción.

Termodinámica: La termodinámica es la rama de la física que estudia la energía, la transformación entre sus distintas manifestaciones, como el calor, y su capacidad para producir un trabajo.

Transmitancia: se define como la fracción de luz incidente, a una longitud de onda especificada, que pasa a través de una muestra.

Capítulo 1:

Introducción

CAPITULO 1: INTRODUCCION.

1.1 Importancia del estudio de la cinética química y el diseño de reactores para el ingeniero químico.

Los procesos químico-industriales se han de proyectar para obtener económicamente un determinado producto, a partir de diferentes materias primas, que se someten a etapas diferentes de tratamiento, como se indica en el siguiente cuadro:

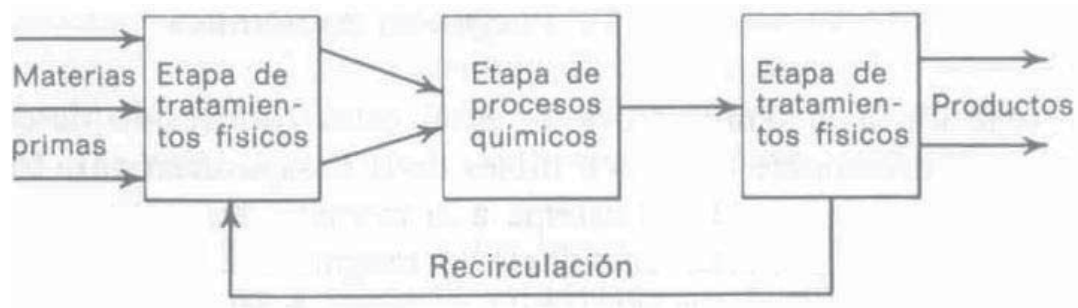


Figura 1.1 - Esquema General de un proceso químico.

Las materias primas se someten primero a una serie de etapas de tratamiento físico para ponerlas en la forma en que puedan reaccionar químicamente, y a continuación pasan al reactor. Los productos de reacción han de someterse después a nuevos tratamientos físicos (separaciones, purificaciones, etc.) para obtener el producto deseado.

Económicamente, la etapa de tratamiento químico puede ser de poca importancia, como por ejemplo, si se realiza en un simple tanque de mezcla; sin embargo, es más frecuente que esta etapa sea la más significativa del proceso, es decir, la que económicamente decide la posibilidad del mismo.

El diseño del reactor no es cuestión de rutina, ya que para el mismo proceso pueden proponerse diferentes diseños. El diseño óptimo no ha de basarse precisamente en el costo mínimo del reactor; puede hacerse un diseño con un costo bajo de reactor, pero los materiales que salen de la instalación pueden estar en condiciones tales que su tratamiento requiera un costo mucho más elevado que empleando otros diseños. En consecuencia, en el diseño más adecuado ha de considerarse la economía global del proceso.

Para que un ingeniero químico pueda diseñar y operar un reactor de manera eficiente debe de disponer de información, conocimientos y experiencia en diferentes campos: termodinámica, cinética química, mecánica de fluidos, transmisión de calor, transporte de materia y economía.

El diseño de reactores químicos es la parte de la ingeniería cuyo planeación y puesta en operación corresponde específicamente al ingeniero químico, y tal vez esta actividad justifica, más que ninguna otra, la existencia de la ingeniería química como una rama distinta de la ingeniería.

1.2 Cinética Química.

Bajo condiciones apropiadas unas sustancias pueden transformarse en otras que constituyen diferentes especies químicas. Si ocurre esto solamente por reordenación o distribución de los átomos para formas nuevas moléculas, decimos que se ha efectuado una reacción química; en química se estudian estas reacciones considerando su modo y mecanismo, los cambios físicos y energéticos que tienen lugar, y la velocidad con que se forman los productos.

La cinética química trata principalmente del estudio de la velocidad de reacción, esto es la rapidez de conversión de reactivos en productos,

considerando todos los factores que influyen sobre ella y explicando la causa de la magnitud de dicha velocidad de reacción. Entre las numerosas razones que hacen importante su estudio podemos citar:

1 – Para los físicos, es la herramienta que les permite profundizar en la naturaleza de los sistemas reaccionantes, comprender cómo se forman y se rompen los enlaces químicos, y estimar sus energías y estabildades.

2 – Para los químicos orgánicos, el valor de la cinética es aún mayor porque el modo en que reaccionan los compuestos les sirve de guía sobre su estructura. La fuerza relativa de los enlaces químicos y la estructura molecular de los compuestos se pueden investigar con esta herramienta.

3 – Por otra parte, es la base de importantes teorías sobre combustión y disolución, suministra un método para el estudio del transporte de calor y materia, y sugiere métodos para tratar fenómenos de velocidad en otros campos.

4 – El ingeniero químico ha de conocer la cinética de la reacción para hacer un diseño satisfactorio del aparato en el que ésta ha de efectuarse a escala técnica.

Dado que el modo de expresar las leyes cinéticas depende, en gran parte, del tipo de reacción que se va a efectuar, a continuación se mencionará la clasificación de las reacciones químicas.

1.3 Clasificación de las reacciones químicas.

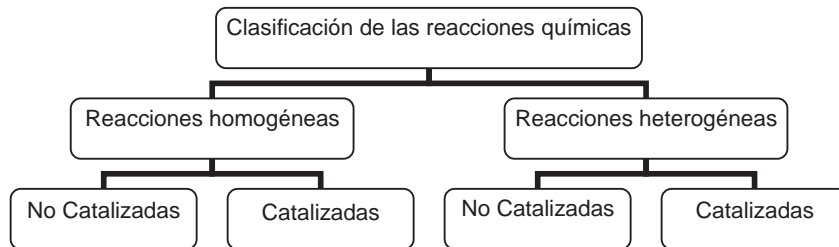
Hay muchas maneras de clasificar las reacciones químicas. En la ingeniería de las reacciones químicas probablemente el esquema más útil es el que resulta de dividir las, de acuerdo con el número y tipo de fases implicadas,

en dos grandes grupos: sistemas homogéneos y heterogéneos. Una reacción es homogénea si se efectúa solamente en una fase, y es heterogénea si, al menos, se requiere la presencia de dos fases para que transcurra a la velocidad que lo hace. Es indiferente que la reacción heterogénea tenga lugar en una, dos o más fases, o en la interfase, o si los reactantes y los productos están distribuidos entre las fases o están todos contenidos en una sola fase; lo único que interesa es que se necesitan, al menos dos fases para que la reacción transcurra de su forma natural.

Esta clasificación no está, a veces, perfectamente diferenciada, como ocurre en el gran grupo de reacciones biológicas sustrato-enzima, en las que la enzima actúa como catalizador para la producción de proteínas. Otros ejemplos en los que la distinción entre sistemas homogéneos y heterogéneos no es tajante, lo constituyen las reacciones químicas muy rápidas tales como la llama de combustión de un gas, en la que puede no existir homogeneidad en la composición o en la temperatura. Por consiguiente, estrictamente hablando, no tienen una sola fase, ya que una fase implica uniformidad en la temperatura, la presión y la composición. El modo de clasificar estos casos límite es sencillo; depende de cómo decidamos tratarlos, y esto a su vez depende de qué descripción creamos que es la más útil. Por lo tanto, solamente con el conocimiento de una situación dada podemos decidir cuál es el mejor modo de tratar estos casos límite.

Superpuestas a estos dos tipos de reacciones tenemos las reacciones catalíticas cuya velocidad está alterada por la presencia, en la mezcla reaccionante, de materiales que no son reactantes ni productos. Estos materiales extraños, denominados catalizadores, no necesitan estar presentes

en grandes cantidades; los catalizadores actúan, en cierto modo, como mediadores, retardando o acelerando la reacción a la vez que ellos pueden o no sufrir pequeñas variaciones.



Cuadro 1.1 - Clasificación de las reacciones químicas.

1.4 Variables que afectan a la velocidad de reacción.

La velocidad de una reacción química puede estar afectada por diversas variables. En los sistemas homogéneos las variables son la temperatura, la presión y la composición, mientras que en los sistemas heterogéneos, como está presente más de una fase, el problema es más complejo. En estos últimos sistemas pueden ocurrir que los materiales pasen de una fase a otra durante la reacción, en cuyo caso será importante la velocidad de transporte de materia, por otra parte también influirá la cantidad de calor, y esta a su vez acelerando o retardando la reacción dependiendo de la naturaleza de la misma.

En todos los casos considerados, si la reacción global consta de varias etapas en serie, la etapa más lenta de la serie es la que ejerce la mayor influencia y podemos decir que es la etapa controlante. Un problema importante es determinar qué variables afectan a cada una de estas etapas y en qué grado; solamente cuando conocemos la magnitud de cada factor tenemos una representación clara del efecto de estas variables sobre la velocidad de reacción, y sólo cuando disponemos de esta información podemos extrapolar estas velocidades a condiciones nuevas y diferentes.

1.5 Definición del concepto de velocidad de reacción.

El siguiente objetivo será definir la velocidad de reacción de modo que ésta sea significativa y útil. Para ellos adoptamos una serie de definiciones de velocidad de reacción relacionadas entre sí, empleando magnitudes intensivas mejor que extensivas, seleccionando un componente "i" para definir la velocidad en función de este componente. Si la velocidad de cambio en el número de moles de ese componente debido a la reacción es dN_i/dt , entonces la velocidad de reacción en sus diferentes formas se define de los modos siguientes:

- Definición de la velocidad de reacción basada en la unidad del fluido reactante; donde r_i representa la velocidad de reacción para estas condiciones:

$$r_i = \frac{1}{V} \frac{dN_i}{dt} = \frac{\text{moles "i" formados}}{\text{volumen}_{\text{fluido}} \cdot \text{tiempo}} \quad \text{ec. (1.1)}$$

- Definición de la velocidad de reacción basada en la unidad de masa de sólido en los sistemas sólido – fluido; donde r_i' representa la velocidad de reacción para estas condiciones:

$$r_i' = \frac{1}{W} \frac{dN_i}{dt} = \frac{\text{moles "i" formados}}{\text{masa}_{\text{sólido}} \cdot \text{tiempo}} \quad \text{ec. (1.2)}$$

- Definición de la velocidad de reacción basada en la unidad de superficie de interfase en los sistemas de dos fluidos, o basada en la unidad de superficie de sólido en los sistemas gas – sólido; donde r_i'' representa la velocidad de reacción para estas condiciones:

$$r_i'' = \frac{1}{S} \frac{dN_i}{dt} = \frac{\text{moles "i" formados}}{\text{superficie} \cdot \text{tiempo}} \quad \text{ec. (1.3)}$$

- Definición de la velocidad de reacción basada en la unidad de volumen de sólido en los sistemas gas – sólido; donde r_i''' representa la velocidad de reacción para estas condiciones:

$$r_i''' = \frac{1}{V_s} \frac{dN_i}{dt} = \frac{\text{moles "i" formados}}{\text{volumen}_{\text{sólido}} \cdot \text{tiempo}} \quad \text{ec. (1.4)}$$

- Definición de la velocidad de reacción basada en la unidad de volumen de reactor, si es diferente de la velocidad basada en la unidad de volumen de fluido; donde r_i'''' representa la velocidad de reacción para estas condiciones:

$$r_i'''' = \frac{1}{V_R} \frac{dN_i}{dt} = \frac{\text{moles "i" formados}}{\text{volumen}_{\text{Reactor}} \cdot \text{tiempo}} \quad \text{ec. (1.5)}$$

En los sistemas homogéneos el volumen del fluido en el reactor es casi siempre idéntico al volumen del reactor, y en estos casos no hay distinción entre V y V_R , empleándose indistintamente ambas ecuaciones. En los sistemas heterogéneos resultan aplicables todas las definiciones anteriores de la velocidad de reacción y la elección de la forma de la ecuación cinética empleada en cada caso particular es cuestión de conveniencia.

La velocidad de reacción es función del estado del sistema es decir:

$$r_i = f(\text{estado del sistema}) \quad \text{ec. (1.6)}$$

La forma de esta relación funcional es independiente de la definición de la velocidad de reacción. Solamente cambia el coeficiente de proporcionalidad y sus dimensiones, según la definición de la velocidad de reacción.

A partir de las distintas ecuaciones de velocidad, estas definiciones intensivas de velocidad de reacción están relacionadas por:

$$\text{volumen}_{\text{fluido}} \cdot r_i''' = \text{Masa}_{\text{sólido}} \cdot r_i'' = \text{Superficie}_{\text{sólido}} \cdot r_i'''' = \text{volumen}_{\text{sólido}} \cdot r_i'''' = \text{volumen}_{\text{Reactor}} \cdot r_i'''' \quad \text{ec. (1.7a)}$$

O bien:

$$Vr_i = Wr_i' = Sr_i'' = VsR_i''' = Vr_i'''' \quad \text{ec. (1.7b)}$$

1.6 Concepto de molecularidad y orden de reacción.

La molecularidad de una reacción elemental es el número de moléculas que intervienen en la reacción, y se ha encontrado que puede valer uno, dos y en ocasiones tres. Obsérvese que la molecularidad se refiere solamente a una reacción elemental.

Frecuentemente encontramos que la velocidad con que transcurre una reacción en la que intervienen las sustancias A, B,..., Z puede darse aproximadamente por una expresión del tipo siguiente:

$$\begin{aligned} r_A &= kC_A^a C_B^b \dots C_Z^z \\ a + b + \dots + z &= n \end{aligned} \quad \text{ecs. (1.8 y 1.9)}$$

Donde a, b,..., z no han de estar necesariamente relacionados con los coeficientes estequiométricos. El orden de reacción es el exponente a que están elevadas las concentraciones. Así la reacción anterior es de orden "a" para el componente "A", de orden "b" para el componente "B",..., de orden "z" para el componente "Z".

Como el orden se refiere a expresiones cinéticas determinadas experimentalmente, no tiene por qué ser un número entero, mientras que la molecularidad de una reacción ha de expresarse por un número entero, ya que se refiere al mecanismo de reacción y puede aplicarse solamente a una reacción elemental.

1.7 Coeficiente cinético k .

El coeficiente cinético k no es una verdadera constante; sólo es independiente de las concentraciones de las especies que intervienen en la reacción. La cantidad k también se conoce como constante de velocidad de reacción específica, y casi siempre depende marcadamente de la temperatura; en reacciones en fase gaseosa también depende del catalizador y podría ser función de la presión total, y además puede depender de otros parámetros, como concentración iónica y disolvente. Estas otras variables por lo regular tienen un efecto mucho menor que el de la temperatura sobre la velocidad de reacción específica, así que para nuestros fines supondremos que k sólo depende de la temperatura. Este supuesto es válido en la mayor parte de las reacciones de laboratorio e industriales, y ha funcionado de forma muy aceptable.

La dependencia de la constante específica de velocidad de reacción con la temperatura está dada por la ecuación de Arrhenius:

$$k_A = A e^{-E_a/RT} \quad \text{ec. (1.10)}$$

Donde:

A es el factor pre-exponencial o factor de frecuencia;

E_a es la energía de activación (usualmente en J/mol o cal/mol);

R es la constante de los gases (8.314 J/mol K = 1.987 cal/mol K);

T es la temperatura absoluta en grados Kelvin.

Cuando una expresión cinética para una reacción química homogénea esta escrita de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} r_A &= k C_A^a C_B^b \dots C_Z^z \\ a + b + \dots + z &= n \end{aligned} \quad \text{ecs. (1.8 y 1.9)}$$

Las dimensiones del coeficiente cinético k para la reacción de orden n son:

$$[\text{tiempo}]^{-1} [\text{concentración}]^{-n}$$

Y para una reacción de primer orden será simplemente:

$$[\text{tiempo}]^{-1}$$

1.8 Espectrometría de absorción molecular ultravioleta/visible.

La espectrometría de absorción molecular ultravioleta/visible es la parte de la espectroscopia de absorción de la radiación electromagnética de la región de longitudes de onda comprendida entre 160 y 780 nm.

Las medidas de absorción de la radiación ultravioleta y visible encuentran una enorme aplicación en la determinación cuantitativa de una gran variedad de especies tanto inorgánicas como orgánicas.

La espectroscopia de absorción molecular se basa en la medida de la transmitancia "T" o de la absorbancia "A" de disoluciones que se encuentran en cubetas transparentes que tienen un camino óptico de "b" (cm.). Normalmente, la concentración "c" de un analito absorbente está relacionada linealmente con la absorbancia como representa la ecuación:

$$A = -\log T = \log \frac{P_0}{P} = \epsilon bc \quad \text{ec. (1.11)}$$

Todas las variables de esta ecuación serán definidas a continuación; esta ecuación es una representación matemática de la ley de Beer.

1.9 Medida de la transmitancia y de la absorbancia.

La transmitancia y la absorbancia, son definidas en el siguiente cuadro:

Término y símbolo*	Definición	Nombre y símbolo alternativo
Potencia radiante P, P_0	Energía (en ergios) de la radiación que incide en el detector, por cm^2 y por segundo	Intensidad de la radiación I, I_0
Absorbancia A	$\log \frac{P_0}{P}$	Densidad óptica D ; extinción E
Transmitancia T	$\frac{P}{P_0}$	Transmisión T
Camino óptico de la radiación † b	—	l, d
Absortividad † a	$\frac{A}{bc}$	Coefficiente de extinción k
Absortividad molar † ϵ	$\frac{A}{bC}$	Coefficiente de extinción molar

Cuadro 1.2 - Términos y símbolos importantes utilizados en las medidas de absorción.

Un diagrama esquemático de éste fenómeno se muestra en la siguiente figura

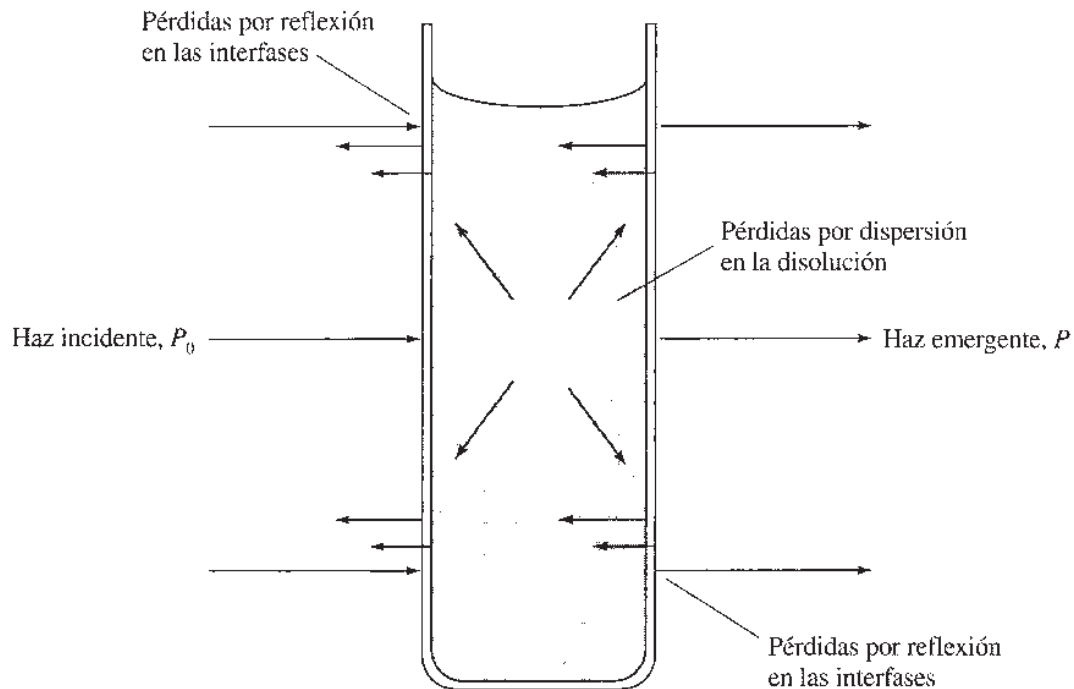


Figura 1.2 - Pérdidas por reflexión y dispersión

A través de las dos interfases aire/pared de la cubeta así como en las dos interfases pared/disolución tienen lugar reflexiones. La atenuación del haz resultante es primordial, debido a que aproximadamente el 8.5 % de un haz de luz amarilla se pierde por reflexión en su paso a través de una cubeta de vidrio rellena de agua. Además, la atenuación del haz puede ocurrir como consecuencia de la dispersión causada por moléculas grandes y, a veces, de la absorción por las paredes del recipiente. Para compensar todos estos efectos, la potencia del haz transmitido por la disolución del analito se compara, generalmente con la potencia del haz transmitido por una cubeta idéntica que sólo contiene disolvente. Con las siguientes ecuaciones se obtiene la transmitancia y absorbancia experimentales que se aproximan estrechamente a la transmitancia y absorbancia verdaderas:

$$T = \frac{P_{\text{disolución}}}{P_{\text{disolvente}}} = \frac{P}{P_0} \quad \text{ec. (1.12)}$$

$$A = \log \frac{P_{\text{disolvente}}}{P_{\text{disolución}}} \approx \log \frac{P_0}{P} \quad \text{ec. (1.11a)}$$

Los términos P_0 y P , se refieren a la potencia de la radiación después de pasar a través de cubetas que contienen el disolvente y el analito, respectivamente.

1.10 Ley de Beer.

La ley de Beer es representada por la siguiente ecuación, ya mencionada anteriormente:

$$A = -\log T = \log \frac{P_0}{P} = \epsilon bc \quad \text{ec. (1.11)}$$

Y se puede explicar de la siguiente manera; hay que considerar como ejemplo el bloque de material absorbente (sólido, líquido o gas) que se muestra en la siguiente figura:

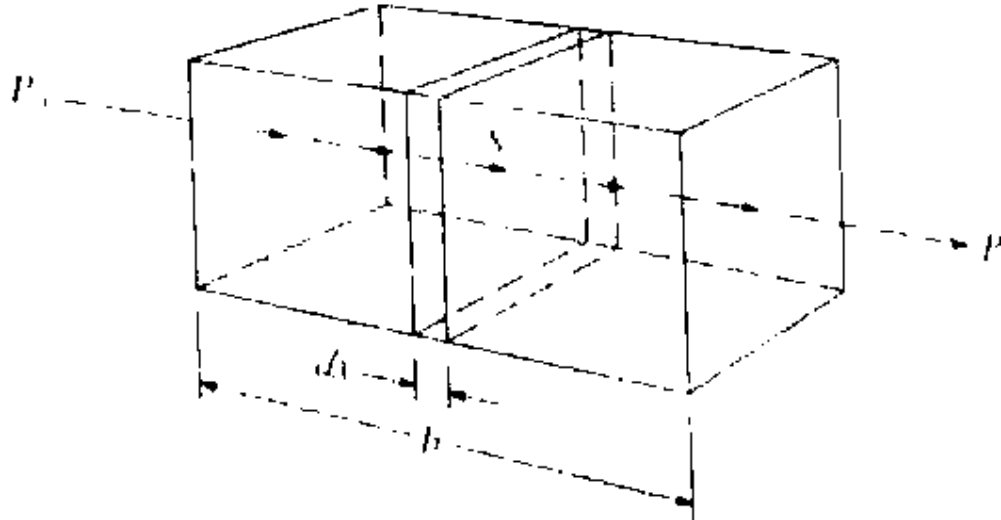


Figura 1.3 - Atenuación de una radiación con una potencia inicial P_0 por una disolución que contiene c moles por litro de soluto absorbente y con un camino óptico de b cm. $P < P_0$

Un haz de radiación monocromático paralelo de potencia P_0 choca contra el bloque de forma perpendicular a la superficie; después de pasar a través de una longitud b de materia, que contiene n átomos, iones o moléculas absorbentes, su potencia disminuye hasta un valor P como resultado de la absorción. Consideremos ahora una sección transversal del bloque de área S y espesor infinitesimal dx . Esta sección contiene dn partículas absorbentes; asociada a cada partícula, podemos imaginar una superficie en la cual tendrá lugar la captura del fotón. Es decir, si un fotón, por casualidad, alcanza una de estas áreas, inmediatamente tendrá lugar la absorción. La proyección del área total de estas superficies de captura dentro de la sección se designa como dS ; la relación entre el área de captura y el área total, será entonces dS/S . En un

promedio estadístico, esta relación representa la probabilidad de captura de fotones en el interior de la sección.

La potencia del haz que entra en la sección, P_x , es proporcional al número de fotones por centímetro cuadrado y dP_x representa la cantidad absorbida en la sección; la fracción absorbida será, entonces $-dP_x/P_x$, y esta relación también es igual a la probabilidad media de captura. El signo menos indica que P sufre un descenso. Así:

$$-\frac{dP_x}{P_x} = \frac{dS}{S} \quad \text{ec. (1.12)}$$

Recordando ahora, que dS es la suma de las áreas de captura de las partículas que se encuentran en la sección; por tanto, deberá ser proporcional al número de partículas,

$$dS = adn \quad \text{ec. (1.13)}$$

Donde dn es el número de partículas y a es una constante de proporcionalidad, que puede denominarse sección transversal de captura. Ahora combinando las dos ecuaciones anteriores e integrando para un intervalo comprendido entre 0 y n , obtenemos:

$$-\int_{P_0}^P \frac{dP_x}{P_x} = \frac{a}{S} \int_0^n dn \quad \text{ec. (1.14)}$$

Que al integrarse da:

$$-\ln \frac{P}{P_0} = \frac{an}{S} \quad \text{ec. (1.15)}$$

Transformando en logaritmos decimales e invirtiendo la fracción para cambiar el signo, obtenemos:

$$\log \frac{P_0}{P} = \frac{an}{2.303S} \quad \text{ec. (1.16)}$$

Donde n es el número total de partículas en el bloque mostrado en la figura. El área de la sección transversal S puede expresarse en términos de volumen del bloque V en cm^3 y su longitud b en cm . Así,

$$S = \frac{V}{b} \text{cm}^2 \quad \text{ec. (1.17)}$$

Al sustituir la ecuación anterior que define a S en la ecuación integrada se obtiene:

$$\log \frac{P_0}{P} = \frac{anb}{2.303V} \quad \text{ec. (1.18)}$$

Obsérvese que como n/V tiene unidades de concentración, es decir, número de partículas por centímetro cúbico, podemos convertir n/V en moles por litro. Así, el número de moles viene dado por:

$$\text{número de moles} = \frac{n \text{ (partículas)}}{6.02 \times 10^{23} \text{ (partículas/mol)}} \quad \text{ec. (1.19)}$$

Y la concentración c en mol/L viene dada por:

$$c = \frac{n}{6.02 \times 10^{23}} \text{mol} \times \frac{1000 \text{cm}^3/\text{L}}{V \text{ (m}^3\text{)}} = \frac{1000n}{6.02 \times 10^{23}V} \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}} \right) \quad \text{ec. (1.20)}$$

Sustituyendo la ecuación que define a c en la ecuación integrada:

$$\log \frac{P_0}{P} = \frac{6.02 \times 10^{23} abc}{2.303 (1000)} \quad \text{ec. (1.21)}$$

Finalmente, las constantes en esta ecuación pueden agruparse en un único término ϵ para dar:

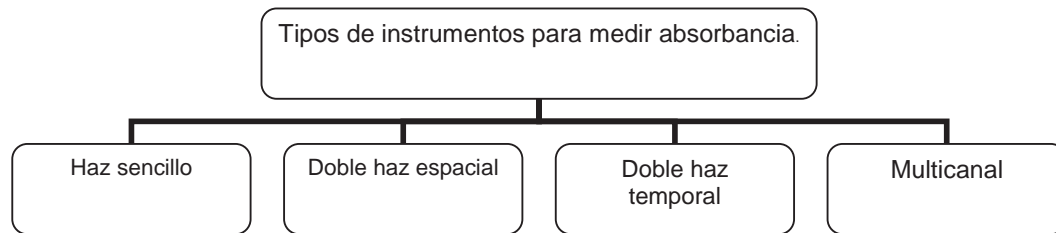
$$\log \frac{P_0}{P} = \epsilon bc = A \quad \text{ec. (1.11)}$$

Así finalmente fue como se dedujo la expresión matemática que define lo que es la absorbancia.

1.11 Componentes de los instrumentos para medir absorbancia.

Los instrumentos para medir la absorción de radiación ultravioleta, visible y en infrarrojo cercano está compuestos por uno o más de los siguientes componentes: fuentes, selectores de longitud de onda, recipientes para la muestra, detectores de radiación, procesadores de señal y dispositivos de lectura.

1.12 Tipos de instrumentos para medir absorbancia.



Cuadro 1.3 - Tipos de instrumentos para medir la absorbancia.

Instrumento de haz sencillo: Consta de una fuente de radiación, un filtro o un monocromador para la selección de la longitud de onda, cubetas contrastadas que pueden interponerse alternativamente en el haz de radiación, un detector, un amplificador y un dispositivo de lectura. Normalmente un instrumento de haz sencillo necesita una fuente de alimentación estabilizada para evitar errores como resultado de los cambios en la intensidad del haz durante el tiempo requerido para ajustar el cien por el cien de transmitancia y determinar el porcentaje de transmitancia del analito.

Instrumentos de doble haz espacial: En el cual, mediante un espejo en forma de V llamado divisor de haz, se forman dos haces en el espacio. Un haz pasa a través de la disolución de referencia y continúa hasta un fotodetector, simultáneamente el segundo haz atraviesa la muestra hasta un segundo

detector contrastado. Las dos señales de salida se amplifican y su cociente se determina electrónicamente y se visualiza mediante un dispositivo de lectura.

Instrumentos de doble haz temporal: En este caso, los haces se separan en el tiempo mediante un espejo en sectores rotatorio que dirige todo el haz que emerge del monocromador, primero a través de la cubeta de referencia y luego a través de la cubeta de la muestra. Los impulsos de radiación se recombinan mediante otro espejo en sectores que transmite un impulso y refleja el otro hacia el detector.

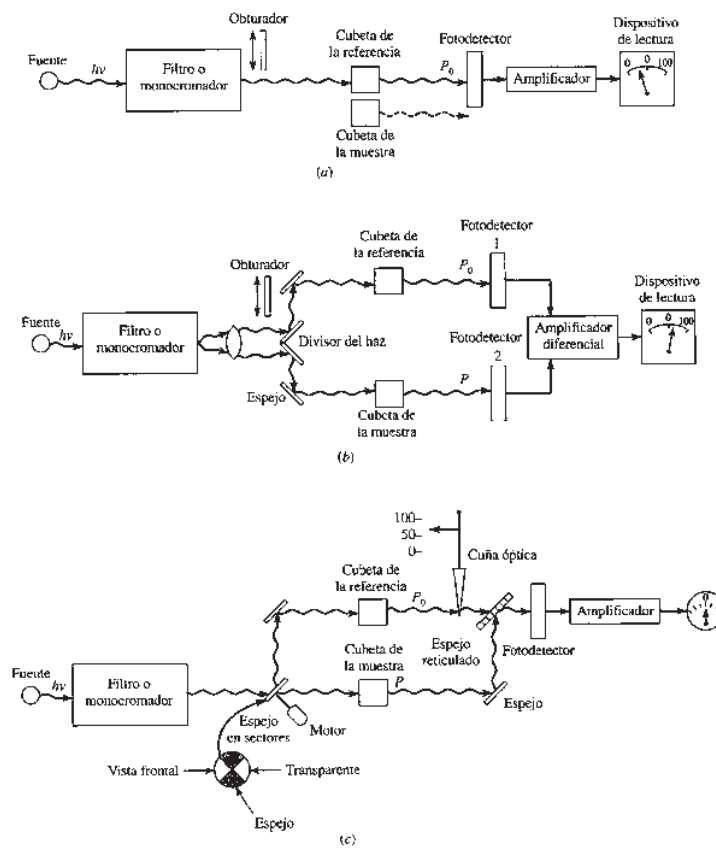


Figura 1.4 - Diseños instrumentales para fotómetros y espectrofotómetros: a) instrumentos de haz sencillo, b) instrumentos de doble haz con haces separados en el espacio, c) instrumentos de doble haz con haces separados en el tiempo.

Instrumentos multicanales: La radiación que procede de la lámpara se enfoca sobre el recipiente de la muestra o del disolvente, pasando después por el interior de un monocromador de red fija. La radiación dispersada incide en el detector de fotodiodos en serie, que está formado por una serie lineal de varios cientos de fotodiodos que se han colocado a lo largo de un chip de silicio.

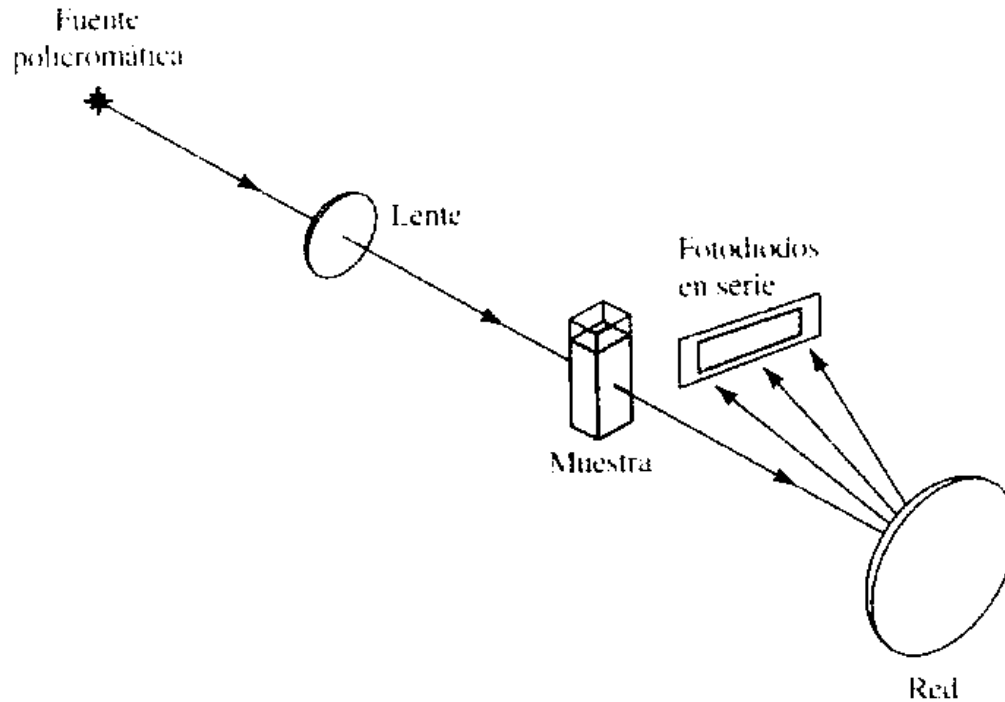


Figura 1.5 - Diagrama de un espectrofotómetro multicanal.

1.13 Tipo de espectrofotómetros.

Espectrofotómetro de haz sencillo para la región ultravioleta/visible.

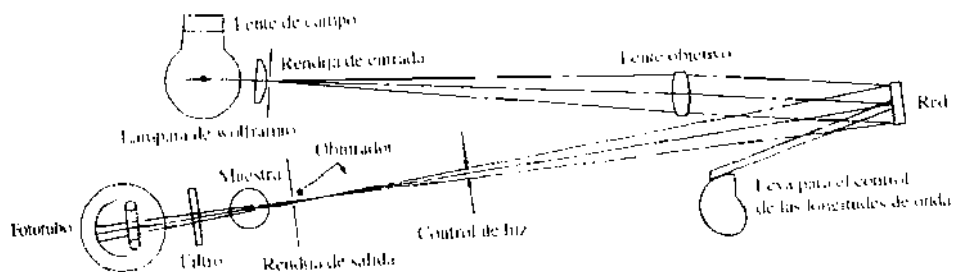


Figura 1.6 - Espectrofotómetro de haz sencillo para la región UV/Visible.

Espectrofotómetro de haz sencillo computarizado.

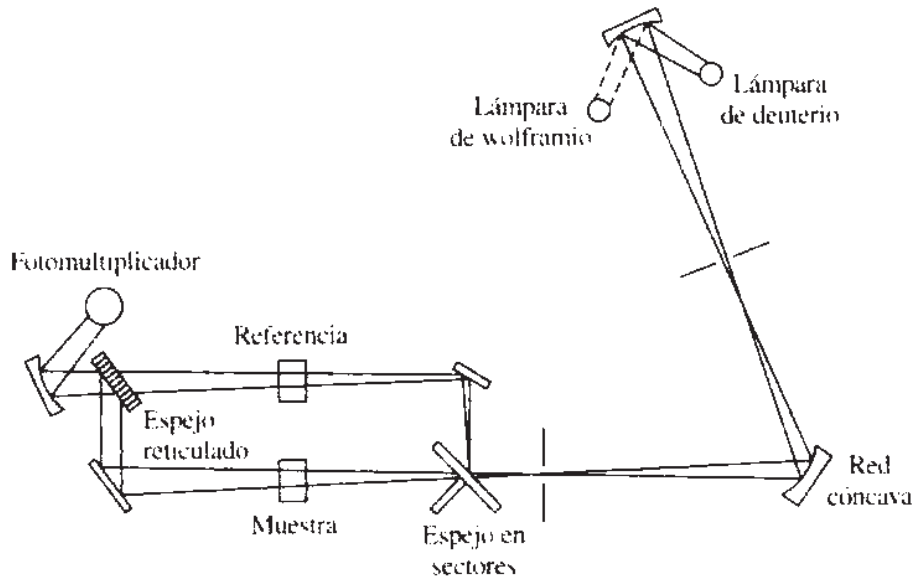


Figura 1.7 - Esquema de un espectrofotómetro de haz sencillo manual, característico para la región UV/Visible.

Espectrofotómetro de doble haz.

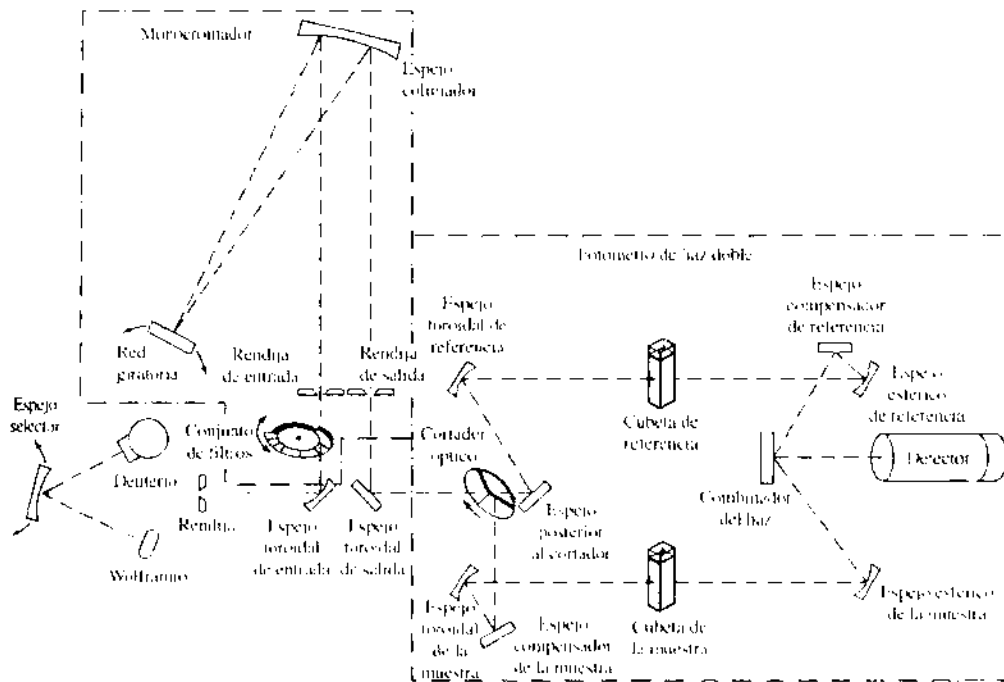


Figura 1.8 - Espectrofotómetro de haz doble con registrador para las regiones UV y visible.

Espectrofotómetro de doble dispersión.

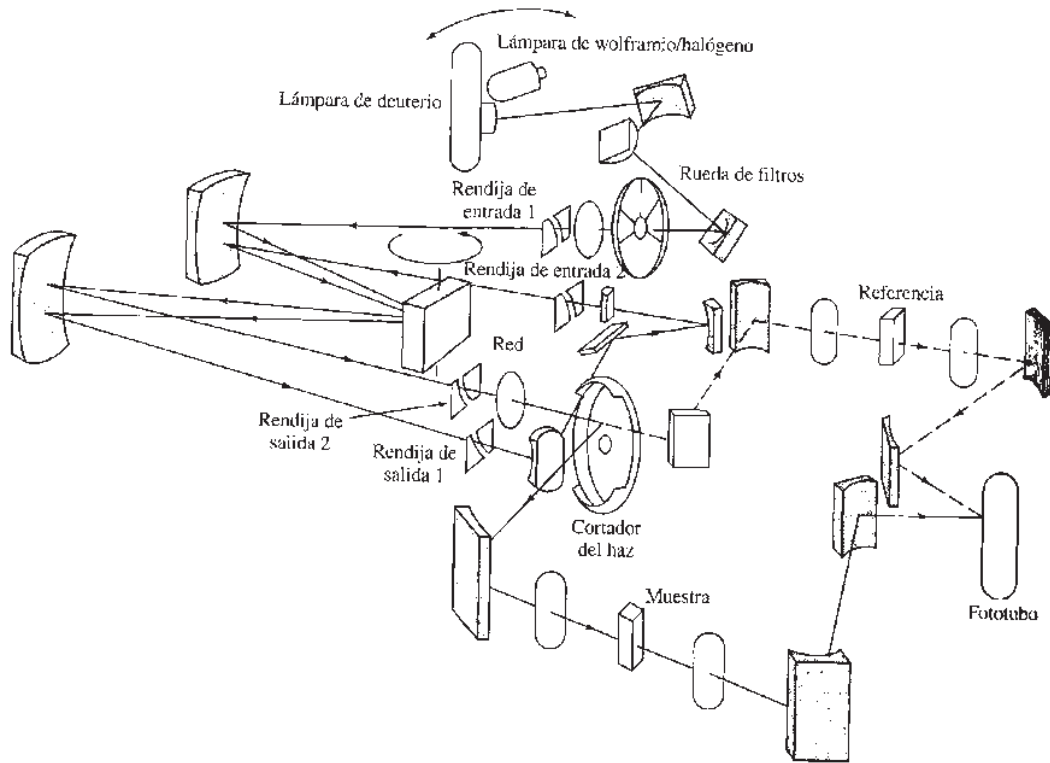


Figura 1.9 - Espectrofotómetro de doble dispersión.

Espectrofotómetro de diodos en serie.

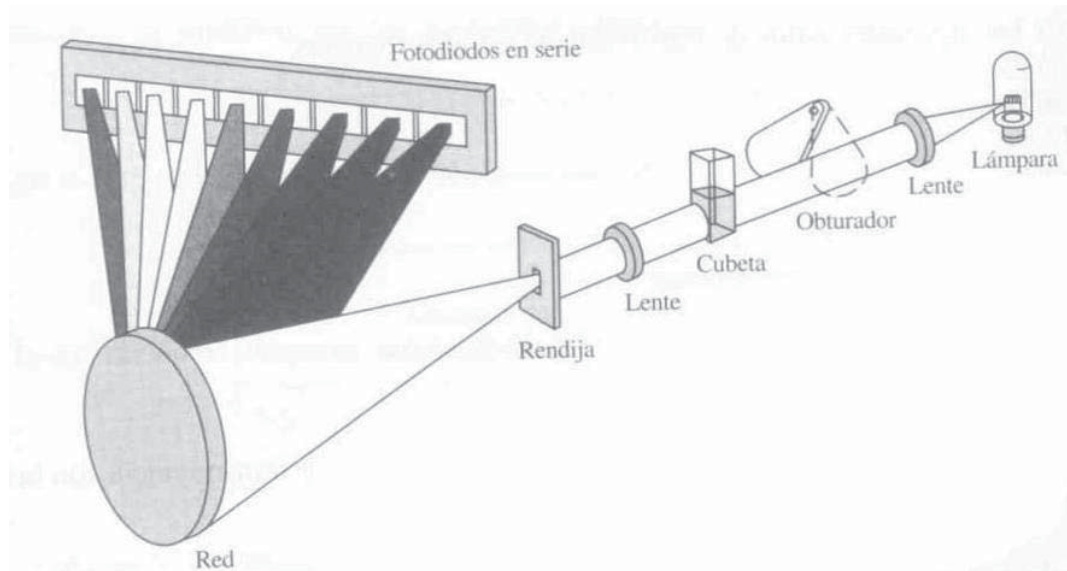


Figura 1.10 - Espectrofotómetro multicanal de diodos en serie.

1.14 Aplicaciones de la espectrofotometría en la cinética química.

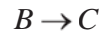
Los ejemplos más sencillos de la utilización de la espectrofotometría para seguir el avance de una reacción química son casos como los siguientes:

- Una de las especies reaccionantes absorbe en el espectro visible o en el ultravioleta, mientras que todos los productos son transparentes en este intervalo de longitudes de onda.
- Uno de los productos absorbe bastante o mucho en el espectro visible o en el ultravioleta, mientras que todos los reactivos son transparentes en este intervalo de longitudes de onda.

El intervalo de longitudes de onda habitual en los espectrofotómetros modernos es de 190 a 900 nm y suelen encontrarse especies, tanto reactivos como productos, que absorben en ese intervalo. Es deseable que los valores de $\lambda_{m\acute{a}x}$ del reactivo y del producto esté bien separados, pero, en principio, el avance de la reacción puede seguirse incluso si coinciden, con que los coeficientes de absorción respectivos sean lo suficientemente diferentes.

Un subproducto beneficioso cuando tanto el reactivo como el producto de una reacción absorben apreciablemente, pero a diferentes $\lambda_{m\acute{a}x}$, que habrá una longitud de onda intermedia entre ambas, conocida como punto isobéptico, en el que la absorbancia debe permanecer constante a lo largo de la reacción. Sin embargo, esto sólo ocurrirá si la reacción es una interconversión sencilla, sin productos intermedios y sin que haya reacciones posteriores. En algunos casos, cuando tanto el reactivo como el producto tienen varias bandas de absorción, hay varios puntos isobépticos y el registro esperado para una interconversión sencilla es demasiado complicado.

Supongamos la reacción:



Y la absorbancia, A , medida a una longitud de onda adecuada es una función lineal de la concentración de ambas especies, es decir:

$$A = \beta C_B + \gamma C_C + \alpha \quad \text{ec. (1.22)}$$

Entonces, en los momentos iniciales, cuando $C_B = C_{B_0}$ y $C_C = 0$:

$$A_0 = \beta C_{B_0} + \alpha \quad \text{ec. (1.23)}$$

Cuando la reacción es completa, de manera que $C_B = 0$ y $C_C = C_B$:

$$A_\infty = \gamma C_{B_0} + \alpha \quad \text{ec. (1.24)}$$

Pero en general, cuando a tiempo t la concentración de B ha disminuido desde C_{B_0} hasta $(C_{B_0} - X_B)$; siendo X_B la conversión molar total del reactivo B ; tenemos:

$$A_t = \beta(C_{B_0} - X_B) + \gamma X_B + \alpha \quad \text{ec. (1.25)}$$

A partir de estas ecuaciones, se pueden obtener las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} A_0 - A_\infty &= \beta - \gamma C_{B_0} \\ A_0 - A_t &= \beta - \gamma X_B \\ A_t - A_\infty &= \beta - \gamma(C_{B_0} - X_B) \end{aligned} \quad \text{ec. (1.26, 1.27 y 1.28)}$$

Ahora suponiendo que la reacción B para producir C fuese cinéticamente de primer orden, la ecuación general de velocidad sería:

$$k_1 = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{C_{B_0}}{C_{B_0} - X_B} \right) \quad \text{ec. (1.29)}$$

Ahora utilizando las ecuaciones de absorbancia obtenidas anteriormente y sustituyéndolas en la ecuación de velocidad de reacción de primer orden de

volumen constante, la ecuación de velocidad nos queda de la siguiente manera:

$$\kappa_1 = \frac{1}{t} \ln \left(\frac{A_\infty - A_0}{A_\infty - A_t} \right) \quad \text{ec. (1.31)}$$

Que indica que la constante de velocidad de esta reacción puede obtenerse a partir de la pendiente de la representación del primer miembro de esta ecuación frente al tiempo o a partir de la pendiente de la representación (se supone que la absorbancia aumenta al avanzar la reacción, de manera que A_∞ es mayor que A_t , de manera que si sucede lo contrario, entonces la función a representar es $\ln(A_t - A_\infty)$ de $\ln(A_\infty - A_t)$ frente al tiempo cambiada de signo. Obviamente el resultado de utilizar la ecuación será tanto más preciso cuanto mayor sea la variación relativa de la absorbancia durante el transcurso de la reacción, es decir, cuanto más difiera de la unidad la relación β/γ .

Para utilizar la ecuación que se obtuvo se necesita saber el valor de A_∞ . Después de diez periodos de semireacción, la reacción habrá transcurrido hasta el 99.9 % del total posible. Una lectura de A transcurrido este tiempo, es indicativa del transcurso completo de la reacción. Sin embargo, en algunos casos puede no ser fiable por que pudiera haber, por ejemplo, una reacción posterior de la especie producto C . Cuando se utiliza la ecuación cinética de primer orden en términos de absorbancias, los errores en A_∞ se hacen más grandes cuanto mayor es el valor de t , puesto que $(A_\infty - A_t)$ se va haciendo más pequeño y debido a ello el error en $\ln(A_\infty - A_t)$ aumenta cada vez más.

Ahora suponiendo que la reacción sea de segundo orden a volumen constante; la ecuación cinética sería de la siguiente manera:

$$k_2 = \frac{1}{t} \left(\frac{1}{C_{B_0} - X_B} - \frac{1}{C_{B_0}} \right) \quad \text{ec. (1.32)}$$

Ahora sustituyendo las ecuaciones que relacionan la absorbancia con la concentración y la conversión, la ecuación cinética nos queda de la siguiente manera:

$$k_2 t = \frac{1}{C_{B_0}} \left(\frac{X_B}{C_{B_0} - X_B} \right) = \frac{1}{C_{B_0}} \left(\frac{A_t - A_0}{A_\infty - A_t} \right) \quad \text{ec. (1.33)}$$

Por tanto, para una reacción de segundo orden, $\frac{A_t - A_0}{A_\infty - A_t}$ debe variar linealmente con el tiempo, con una pendiente igual a $k_2 C_{B_0}$. Sin embargo, ahora es más difícil tener un valor fiable de A_∞ por que el tiempo necesario para que la reacción transcurra al 99.9% es mil veces superior al requerido para la primera mitad de la reacción.

Ya aclarados los conceptos básicos y más frecuentes a utilizar durante el desarrollo de este trabajo de tesis entonces se prosigue a tratar los antecedentes y objetivos de esta tesis en el siguiente capítulo.

Capítulo 2:

Antecedentes

CAPITULO 2: ANTECEDENTES.

El estudio cinético de las reacciones químicas juega un papel sumamente importante en el diseño, operación y economía de una planta química; por lo tanto es de vital importancia conocer la naturaleza de la reacción en su totalidad para poder diseñar equipos de reacción y controlar la reacción en los parámetros deseados.

Numerosos productos industriales de gran valor tienen el problema que en la etapa de reacción los productos intermedios de la reacción tienden a descomponerse en productos no deseados debido a la inestabilidad del proceso ya sea por un cambio de presión, temperatura o flujo; desgraciadamente muchas de estas reacciones de descomposición son extremadamente rápidas lo que hace que en muchas ocasiones no se alcance la conversión deseada; tal es el caso de la reacción de Moffat – Swern para la oxidación de alcoholes pasando por di-metil sulfóxido para producir compuestos carbonilos por citar un ejemplo del problema de las descomposiciones rápidas.

Un problema cotidiano en el estudio de la cinética química es el enorme grado de error inducido por una mala lectura de la variable a medir relacionada con la concentración de reactivo o producto y también debido a que es muy difícil hacer el monitoreo de datos desde el principio de la reacción. Esto afecta notablemente el estudio de todo tipo de reacciones y baja el nivel de confiabilidad de cualquier medición para rastrear una reacción. Un ejemplo son las reacciones auto catalíticas cuyo tiempo de inducción es muy pequeño y el hecho de no mezclar con la rapidez pertinente los reactivos implica la pérdida de información de dicho lapso de tiempo lo cual es de vital importancia para evaluar su magnitud.

Otro ejemplo ya mencionado son las reacciones rápidas, cuyos tiempos de vida media pueden inclusive ser menores a décimas de segundo, siendo imposible para cualquier humano hacer la mezcla de reactivos manualmente y luego la medición del avance de dichas reacciones.

En la ingeniería química una mala medición, un dato incorrecto, un mal diseño de cualquier equipo de proceso puede representar pérdidas enormes de dinero e inclusive en algunas ocasiones hasta la pérdida de vidas humanas.

Como ya se mencionó anteriormente es una característica distintiva de un ingeniero químico el diseño de un reactor; la economía y precisión con la que se diseña un reactor químico se remonta desde el estudio cinético de la reacción que será efectuada en dicho equipo.

No está por demás mencionar que en las ecuaciones de diseño cualquier reactor químico está implícito el término de velocidad de reacción:

Ecuación de diseño de un reactor Batch:

$$t_R = C_{A_0} \int_0^{Z_A} \frac{dZ_A}{r_A} \quad \text{ec. (2.1)}$$

Donde:

- t_R es el tiempo que estará la mezcla reaccionante dentro del reactor batch.
- C_{A_0} es la concentración inicial del reactivo "A" o reactivo limitante.
- Z_A es la conversión molar del reactivo "A" o reactivo limitante.
- dZ_A es el cambio de la conversión molar del reactivo "A" o reactivo limitante.
- r_A es la velocidad de reacción en términos de Z_A .

Ecuación de diseño de un reactor PFR (Flujo Pistón):

$$\frac{V_R}{F_{A_0}} = \int_0^{Z_A} \frac{dZ_A}{r_A} \quad \text{ec. (2.2)}$$

Donde:

- V_R es el volumen del reactor PFR.
- F_{A_0} es el flujo molar inicial del reactivo "A" o reactivo limitante alimentado al reactor.
- Z_A es la conversión molar del reactivo "A" o reactivo limitante.
- dZ_A es el cambio de la conversión molar del reactivo "A" o reactivo limitante.
- r_A es la velocidad de reacción en términos de Z_A .

Ecuación de diseño de un reactor CSTR (Mezcla Completa):

$$\frac{V_R}{Q} = \frac{C_{A_E} - C_{A_S}}{r_{A_S}} \quad \text{ec. (2.3)}$$

Donde:

- V_R es el volumen del reactor CSTR.
- Q es el flujo volumétrico alimentado al reactor.
- C_{A_S} es la concentración a la salida del reactor del reactivo "A" o reactivo limitante.
- C_{A_E} es la concentración a la entrada del reactor del reactivo "A" o reactivo limitante.
- r_A es la velocidad de reacción en términos de Z_A .

Por lo tanto, es vital para el diseño y el control de un equipo de reacción conocer la cinética de las posibles reacciones que ocurren dentro de este, para

así favorecer la producción del producto deseado; así como también es importante hacer con la mayor precisión posible dicho estudio cinético.

Afortunadamente en la actualidad se cuenta con una variedad de equipos de medición que nos brindan la facilidad de hacer estudios de cinéticas con una precisión impresionante, tal es el caso de los espectrofotómetros que independientemente que la medición de la velocidad de reacción sea de forma indirecta estos equipos nos proporcionan una amplísima confiabilidad sobre las mediciones que se pueden realizar, más a parte una gran gama de posibilidades para hacer una enorme cantidad de estudios no sólo cinéticos sino de muchas otras índoles como por ejemplo la caracterización de materiales y la determinación de índices de refracción por mencionar algunos.

Para hacer un estudio de la cinética química de una reacción rápida con un espectrofotómetro UV - Visible usualmente se utiliza un equipo de mezcla rápida cuyo principal objetivo es mezclar los reactivos en un lapso de tiempo muy corto (prácticamente instantáneo). Simultáneamente se rastrea el avance de la reacción, incluso en casos donde la vida media es muy pequeña, con una gran precisión gracias a una alta velocidad de muestreo (1 muestra cada 0.0125 segundos). Debido a estas características, el equipo periférico no es fácil de conseguir, y por lo tanto su precio es elevado.

Capítulo 3:
Justificación

CAPITULO 3: JUSTIFICACION.

De acuerdo a lo mencionado en el capítulo anterior a cerca de los antecedentes de esta tesis, es de gran utilidad hacer el estudio de cinéticas rápidas para resolver problemas en la industria relacionados con la baja eficiencia en reactores debido a descomposiciones o reacciones paralelas que hacen que la conversión de nuestra materia prima en el producto deseado sea mínima. Simultáneamente se implementa un equipo para el estudio de las reacciones rápidas que sirve a su vez también para disminuir el grado de error en el estudio de cualquier otro tipo de reacciones.

Capítulo 4:

Hipótesis

CAPITULO 4: HIPOTESIS.

Es posible diseñar y construir un equipo de mezcla rápida con elementos de fácil adquisición en nuestro país y a la vez demostrar que este equipo puede cumplir los requerimientos para hacer el estudio cinético de reacciones rápidas y también puede igualar el funcionamiento de un equipo de mezcla rápida de marca.

Capítulo 5:

Objetivos

CAPITULO 5: OBJETIVOS.

En este trabajo de tesis se proponen los siguientes objetivos:

- a) Diseñar un equipo de mezcla rápida para el estudio cinético de reacciones rápidas.

- b) Construir un equipo de mezcla rápida teniendo en cuenta que los accesorios que van a constituir el equipo cumplirán con los requerimientos de mezclado.

- c) Acoplar el equipo de mezcla rápida a un espectrofotómetro UV – Visible.

- d) Comprobar el buen funcionamiento de dicho equipo estudiando una reacción rápida.

*Capítulo 6:
Construcción y
Acoplamiento del
Equipo de Mezcla rápida.*

CAPITULO 6: CONSTRUCCION Y ACOPLAMIENTO DEL EQUIPO DE MEZCLA RAPIDA.

6.1 Introducción.

El trabajo de tesis será dividido en dos partes, la primera fase se refiere a los cálculos matemáticos para la selección y diseño de los accesorios que constituirán el equipo de mezcla rápida para después acoplarlo a un espectrofotómetro UV – Visible. La segunda etapa consistirá en comprobar el buen diseño, construcción y acoplamiento del equipo de mezcla rápida con el estudio de la reacción de oxidación del amil xantato de potasio en solución acuosa.

Cabe mencionar que el equipo de mezcla rápida a construirse se basará sobre características de equipos de mezcla rápida de marca existentes ya en el mercado y en gran parte se tomará como referencia el tiempo característico de mezclado del RX.2000 de la marca Varian ®.

La primera fase de cálculos matemáticos para la selección de accesorios será desarrollada y discutida en este capítulo. De inicio es necesario identificar que tipo de problema es el que surge al plantear la posible construcción de un equipo de mezcla rápida para enseguida plantear las consideraciones con las cuales será diseñado el equipo.

MATERIALES

La primera propuesta es utilizar material o equipo que sea de fácil adquisición en el mercado mexicano, lo cual en primera instancia llevó a plantear como material primario jeringas de 5 mililitros las cuales servirán para almacenar

los reactivos antes de ser impulsados por algún dispositivo a una celda de cuarzo donde la reacción será monitoreada por el espectrofotómetro.

En seguida se pensó en algún tipo de “micro-tubería” que sirviera para transportar y conectar la(s) jeringa(s) a la celda de cuarzo; el único material que podría realizar esta función son las cánulas que se conectan a las jeringas utilizadas en la medicina cuya medida es de 30 centímetros de longitud.

Ahora lo que queda es indagar en el problema de diseñar el equipo de mezcla rápida en primer lugar y en segundo lugar el planteamiento matemático para resolver dicho problema.

Debido a que la principal función de este equipo de mezcla rápida es el transportar de un recipiente separado hasta una celda donde se mezclarán los reactivos para que se lleve a cabo la reacción, este problema se puede abordar como cualquier problema de selección de sistemas de bombeo con la ecuación de Bernoulli, que se escribe de la siguiente manera:

$$H = \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta v^2}{2g} + \Delta Z + H_f \quad \text{ec. (6.1)}$$

Donde:

- ΔP es el cambio de presión en el sistema desde el punto 1 hasta el punto 2.
- ρ es la densidad de la sustancia a aplicarle el cambio de energía.
- Δv es el cambio de velocidad en el sistema desde el punto 1 hasta el punto 2.
- g es la constante de gravitación universal.

- ΔZ es el cambio de posición o distancia recorrida desde el punto 1 hasta el punto 2.
- H_f es la suma de las pérdidas de energía ocasionadas por fricción, expansión súbita, contracción súbita y cambios repentinos de dirección.
- H es la carga total de la bomba.

Esta ecuación se puede interpretar como un balance de energía mecánica en un sistema dado ya que en sus términos van implícitos los cambios de energía cinética, energía potencial y las pérdidas de energía por distintos fenómenos ya mencionados.

Se utilizará dicha ecuación para determinar la carga que tendrá el sistema de mezcla rápida, con la magnitud de la carga se determinará el valor de la potencia que deberá tener como mínimo el equipo de mezcla rápida para cumplir con las expectativas de este trabajo.

6.2 Construcción del equipo de mezcla rápida.

La construcción del equipo de mezcla rápida se dividirá a su vez en dos secciones, la primera sección que será la del cálculo de la potencia necesaria para el equipo y una segunda sección donde se describirá la construcción física del equipo de mezcla rápida y la selección de los artefactos que lo constituirán.

6.2.1 Consideraciones generales para el cálculo de potencia para el equipo de mezcla rápida.

Para comenzar con el cálculo de la potencia es necesario primero especificar el diagrama del problema, el cual es presentado en la siguiente figura:

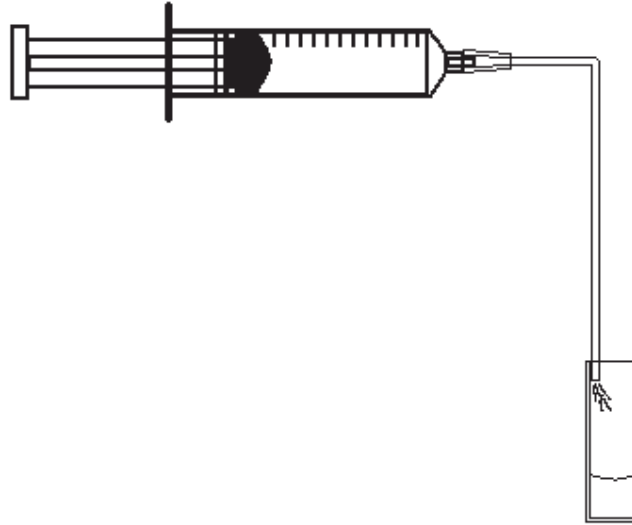


Figura 6.1 Esquema del problema del equipo de mezcla rápida.

Ahora ya con el diagrama propuesto del problema de bombeo el siguiente paso es ubicar los puntos 1 y 2 que serán los puntos donde se harán los respectivos balances de energía que se describen en la ecuación de Bernoulli, estos puntos se muestran en la siguiente figura:

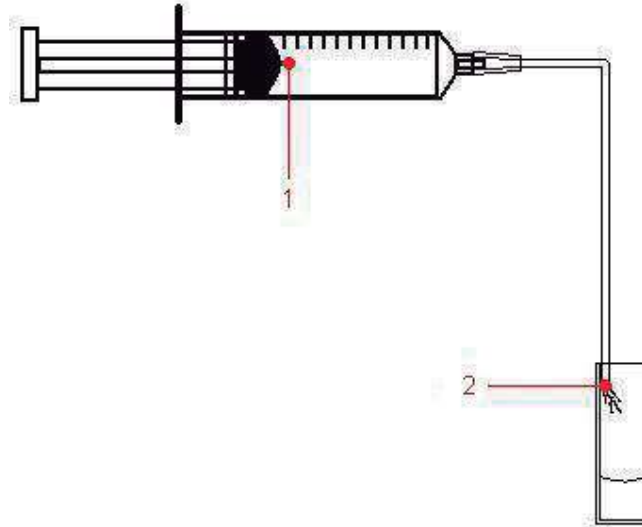


Figura 6.2 Ubicación de punto 1 y 2 en el problema del equipo de mezcla rápida.

El punto 1 fue ubicado en ese lugar del diagrama por que es el punto donde se le aplicará el trabajo del pistón y en un inicio se considerará que la velocidad de flujo en ese punto equivale a un valor nulo y aun no hay una distancia recorrida en ese punto por el fluido.

El punto 2 fue ubicado en ese lugar del diagrama por que es el punto en donde se verán los cambios de energía del fluido tras pasar por todo el sistema y al haber recibido el trabajo del pistón para que el fluido fuera impulsado hasta este punto en el tiempo deseado.

Ya ubicados los puntos 1 y 2 ahora se prosigue a hacer las siguientes consideraciones:

- El flujo requerido será de 1.5 cm^3 en 0.1 segundos lo que nos da un flujo de $15 \text{ cm}^3/\text{s}$.
- Dado a que está planeado que con este equipo se hagan diversos estudios de cinética no se puede fijar un valor de densidad o viscosidad específico ya que se manejarán distintos reactivos en

este equipo por lo que se optará por fijarse un máximo de densidad y de viscosidad para los fluidos a manejarse, en este caso se tomó como densidad máxima 1.99 g/cm^3 y como viscosidad máxima 21 centipoise, los cuales son los valores de la densidad y la viscosidad del ácido sulfúrico al 98 % y 25°C . Se tomaron como referencia máxima las propiedades físicas de este reactivo por ser de uso común en múltiples reacciones químicas y por ser uno de los reactivos a utilizarse en el estudio cinético de este trabajo de tesis ya que este es el que tiene las propiedades físicas mas grandes de los reactivos a utilizar.

- Los cambios de presión serán despreciables.
- Las pérdidas por fricción serán consideradas despreciables ya que se puede considerar que las paredes de la jeringa y la cánula son completamente lisas.
- Las pérdidas de energía por contracción y expansión súbita serán consideradas muy significativas.
- Se supondrá el caso de máxima separación de altura entre la jeringa y el final de la cánula será de 30 cm.

Ya habiendo planteado todas las consideraciones se prosigue a hacer las mediciones pertinentes para el cálculo de las pérdidas de contracciones y expansiones súbitas.

Jeringa:

- Diámetro mayor = 1.27 cm = 0.0127 m.
- Diámetro menor = 0.16 cm = 0.0016 m.

Cánula:

- Diámetro mayor = 0.46 cm = 0.0046 m.
- Diámetro menor = 0.07 cm = 0.0007 m.

Celda de cuarzo:

- Lado del cuadro = 1.0 cm = 0.01 m.

En todos los cálculos se emplean unidades del SI

6.2.2 Cálculo de la potencia para el equipo de mezcla rápida.*Datos del problema:*

Volumen a desplazar (V) = 1.5 cm³.

Tiempo en el que se desea que sea desplazado dicho volumen (t) = 0.1 s.

$$D^{\text{Jeringa}}_{\text{mayor}} = 0.0127 \text{ m.}$$

$$D^{\text{Jeringa}}_{\text{menor}} = 0.0016 \text{ m.}$$

$$D^{\text{Cánula}}_{\text{mayor}} = 0.0046 \text{ m.}$$

$$D^{\text{Cánula}}_{\text{menor}} = 0.0007 \text{ m.}$$

$$L^{\text{Celda}} = 0.01 \text{ m.}$$

$$\rho = 1.99 \text{ g/cm}^3 = 1990 \text{ kg/m}^3.$$

$$\mu = 21 \text{ centipoise} = 0.021 \text{ Pa s.}$$

Flujo Volumétrico (Q):

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{1.5 \text{ cm}^3}{0.1 \text{ s}} = 15 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} = 1.5 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 1.5 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

Velocidad en el punto 2 (v_2):

$$A_{menor}^{Cánula} = \pi \left(\frac{D_{menor}^{Cánula}}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} D_{menor}^{Cánula 2}$$

$$A_{menor}^{Cánula} = \frac{\pi}{4} (0.0007m)^2 = 3.8484 \times 10^{-7} m^2$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_{menor}^{Cánula}} = \frac{1.5 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}}{3.8484 \times 10^{-7} m^2}$$

$$v_2 = 38.9767 \frac{m}{s}$$

Número de Reynolds (N_{Re}):

$$N_{Re} = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{(1000 \frac{kg}{m^3}) (38.9767 \frac{m}{s}) (0.0007m)}{0.021 Pa \cdot s}$$

$$N_{Re} = 2585.4558$$

Por el valor numérico del número de Reynolds se dice que el flujo es turbulento.

Nota: La zona del flujo laminar esta dada entre el siguiente rango de valores del número de Reynolds $0 < N_{Re} < 2000$; el flujo de transición solamente se presenta cuando el número de Reynolds tiene un valor numérico igual a 2000, y la zona de flujo turbulento esta dada entre el siguiente rango de valores del número de Reynolds $2000 > N_{Re} > \infty$.

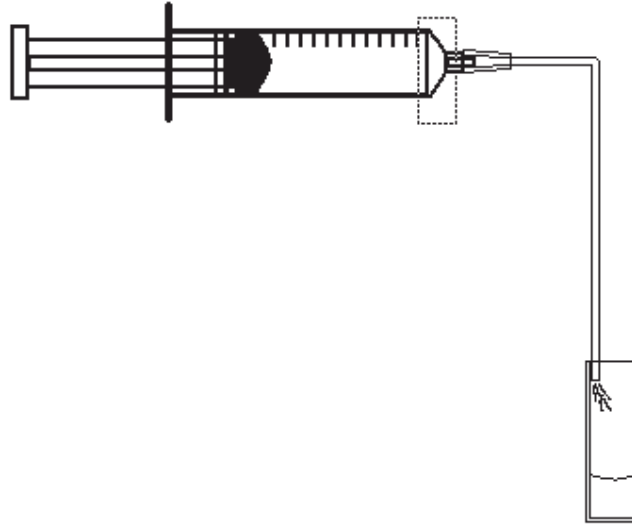
Contracción Súbita (del diámetro mayor al diámetro menor de la jeringa):

Figura 6.3 Diagrama de la localización de la contracción súbita del diámetro mayor al diámetro menor de la jeringa.

Como primer paso se tendrá que calcular el valor S_b/S_a el cual es el cociente del área menor entre el área mayor de la contracción.

$$\frac{S_b}{S_a} = \frac{A_{\text{Jeringa menor}}}{A_{\text{Jeringa mayor}}} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot \phi_{\text{Jeringa menor}}^2}{\frac{\pi}{4} \cdot \phi_{\text{Jeringa mayor}}^2} = \frac{\phi_{\text{Jeringa menor}}^2}{\phi_{\text{Jeringa mayor}}^2}$$

$$\frac{S_b}{S_a} = \frac{\phi_{\text{Jeringa menor}}^2}{\phi_{\text{Jeringa mayor}}^2} = \frac{0.0016m^2}{0.0127m^2}$$

$$\frac{S_b}{S_a} = 0.01587 \approx 0.0160$$

De acuerdo a McCabe, W.L., y Smith, J.C., utilizando la gráfica 1 del apéndice A de esta tesis, se puede obtener el valor de K_c (coeficiente de contracción).

$$K_c = 0.55$$

$$H_{Fc} = \frac{K_c \cdot v_2^2}{2 \cdot g} \quad \text{ec. (6.2)}$$

Donde:

- H_{Fc} son las pérdidas de energía por la contracción súbita; expresado este término en metros.
- Kc es el coeficiente de contracción que depende del número de Reynolds y el coeficiente Sb/Sa ; este término es adimensional.
- v_2 es la velocidad del fluido en el punto 2; expresado este término en metros sobre segundo.
- g es la constante de gravitación universal; expresado este término en metros sobre segundo al cuadrado.

Ahora, sustituyendo valores en la ecuación 6.3:

$$H_{Fc} = \frac{Kc \cdot v_2^2}{2 \cdot g} = \frac{0.55 \left(38.9767 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \left(9.806 \frac{m}{s^2} \right)}$$

$$\underline{\underline{H_{Fc} = 42.6301 m}}$$

Expansión Súbita (del diámetro menor de la jeringa al diámetro mayor de la cánula):

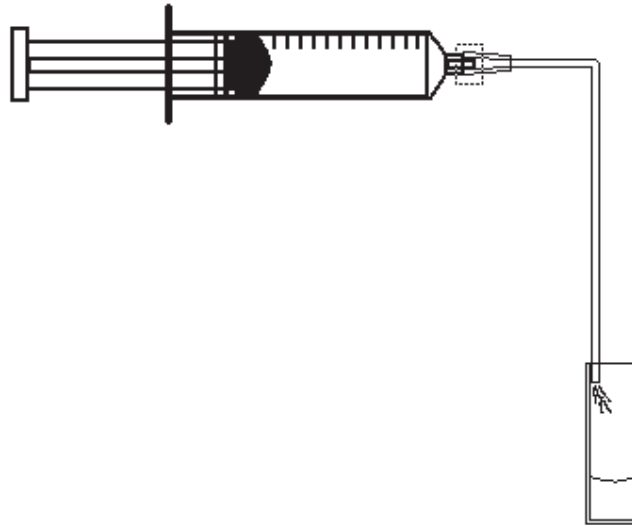


Figura 6.4 Diagrama de la localización de la expansión súbita del diámetro menor de la jeringa al diámetro mayor de la cánula.

Como primer paso se tendrá que calcular el valor S_a/S_b el cual es el cociente del área menor entre el área mayor de la expansión.

$$\frac{S_a}{S_b} = \frac{A_{\text{Jeringa menor}}}{A_{\text{Cánula mayor}}} = \frac{\frac{\pi}{4} \text{Jeringa menor}^2}{\frac{\pi}{4} \text{Cánula mayor}^2} = \frac{\text{Jeringa menor}^2}{\text{Cánula mayor}^2}$$

$$\frac{S_a}{S_b} = \frac{\text{Jeringa menor}^2}{\text{Cánula mayor}^2} = \frac{0.0016\text{m}^2}{0.0046\text{m}^2}$$

$$\frac{S_a}{S_b} = 0.1209 \approx 0.12$$

De acuerdo a McCabe, W.L., y Smith, J.C., utilizando la gráfica 2 del apéndice A de esta tesis, se puede obtener el valor de K_e (coeficiente de expansión).

$$K_e = 0.75$$

$$H_{Fe} = \frac{K_e \cdot v_2^2}{2 \cdot g} \quad \text{ec. (6.3)}$$

Donde:

- H_{Fe} son las pérdidas de energía por la expansión súbita; expresado este término en metros.
- K_e es el coeficiente de expansión que depende del número de Reynolds y el coeficiente S_a/S_b .
- v_2 es la velocidad del fluido en el punto 2; expresado este término en metros sobre segundo.
- g es la constante de gravitación universal; expresado este término en metros sobre segundo al cuadrado.

Ahora, sustituyendo valores en la ecuación de pérdidas por expansión súbita:

$$H_{Fe} = \frac{K_e \cdot v_2^2}{2 \cdot g} = \frac{0.75 \left(38.9767 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \cdot \left(9.806 \frac{m}{s^2} \right)}$$

$$\underline{\underline{H_{Fe} = 58.0965 m}}$$

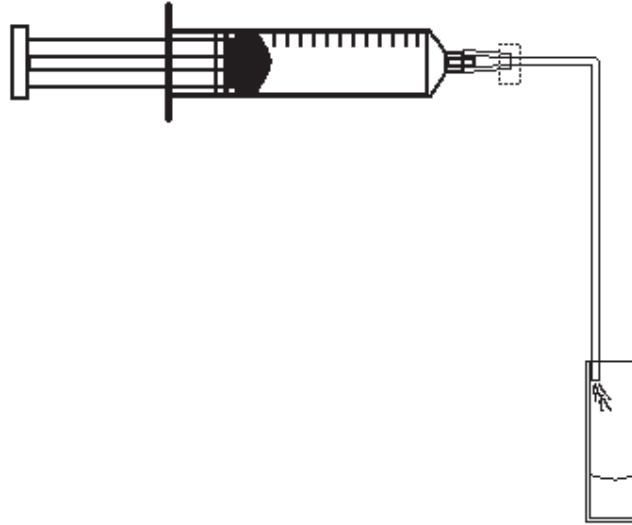
Contracción Súbita (del diámetro mayor al diámetro menor de la cánula):

Diagrama 6.5 Diagrama de la localización de la contracción súbita del diámetro mayor al menor de la cánula.

Como en el caso anterior se calcula el coeficiente S_b/S_a :

$$\frac{S_b}{S_a} = \frac{A_{\text{Cánula menor}}}{A_{\text{Cánula mayor}}} = \frac{\frac{\pi}{4} \text{Cánula menor}^2}{\frac{\pi}{4} \text{Cánula mayor}^2} = \frac{\text{Cánula menor}^2}{\text{Cánula mayor}^2}$$

$$\frac{S_b}{S_a} = \frac{\text{Cánula menor}^2}{\text{Cánula mayor}^2} = \frac{(1 \times 10^{-4} \text{ m})^2}{(4.6 \times 10^{-3} \text{ m})^2}$$

$$\frac{S_b}{S_a} = 0.0231 \approx 0.02$$

Como en el caso anterior se lee el valor K_c de la gráfica 1 del apéndice A:

$$K_c = 0.525$$

$$H_{Fc} = \frac{K_c \cdot v_2^2}{2 \cdot g} \quad \text{ec. (6.2)}$$

$$H_{Fc} = \frac{Kc \cdot v_2^2}{2 \cdot g} = \frac{0.525 \left(38.9767 \frac{m}{s} \right)^2}{\left(9.806 \frac{m}{s^2} \right)}$$

$$\underline{\underline{H_{Fc} = 40.6924 m}}$$

Expansión Súbita (del diámetro menor de la cánula a la celda de cuarzo):

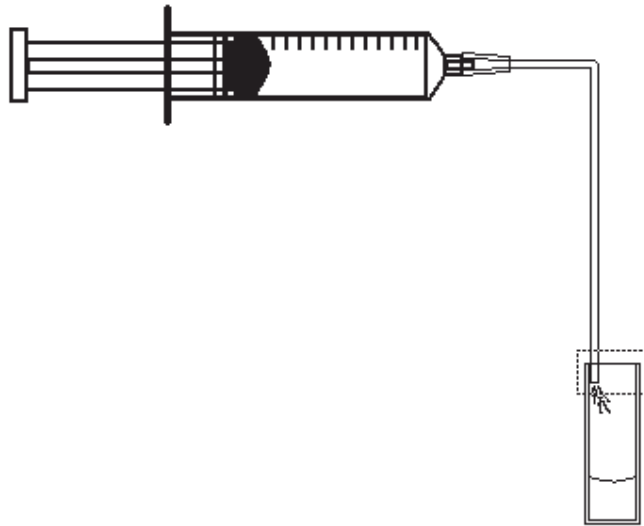


Figura 6.6 Diagrama de la localización de la expansión súbita del diámetro menor de la cánula a la celda de cuarzo.

Como en el caso anterior se calcula el coeficiente S_a/S_b :

$$\frac{S_a}{S_b} = \frac{A_{\text{cánula menor}}}{A_{\text{Celda}}} = \frac{\left(\frac{\pi}{4} \right) \left(\text{Cánula menor} \right)^2}{\left(\text{Celda} \right)^2} = \frac{\left(\text{Cánula menor} \right)^2}{\left(\text{Celda} \right)^2}$$

$$\frac{S_a}{S_b} = \frac{\left(\text{Cánula menor} \right)^2}{\left(\text{Celda} \right)^2} = \frac{\left(x10^{-4} m \right)^2}{\left(0.01 m \right)^2}$$

$$\underline{\underline{\frac{S_a}{S_b} = 0.0038 \approx 0}}$$

Como en el caso anterior se lee el valor K_e de la gráfica 2 del apéndice A:

$$K_e = 1.0$$

$$H_{Fe} = \frac{K_e \cdot v_2^2}{2 \cdot g} \quad \text{ec. (6.3)}$$

$$H_{Fe} = \frac{K_e \cdot v_2^2}{2 \cdot g} = \frac{1.0 \left(38.9767 \frac{m}{s} \right)^2}{2 \cdot \left(9.806 \frac{m}{s^2} \right)}$$

$$\underline{\underline{H_{Fe} = 77.5093 m}}$$

Ahora para sustituir en la ecuación de Bernoulli (6.1), esta se tiene que simplificar según las consideraciones hechas anteriormente:

$$H = \frac{\Delta P}{\rho} + \frac{\Delta v^2}{2g} + \Delta Z + H_f \quad \text{ec. (6.1)}$$

Se despreciarán los cambios de presión entre el punto 1 y el punto 2 por ser mínimos comparados con los demás ya que la presión absoluta en el punto 1 es igual a la presión atmosférica más la presión ejercida por la columna del líquido la cual es muy pequeña por lo que se puede decir que en punto 1 la presión es aproximadamente igual a la atmosférica; en el caso del punto dos la celda se considera que la celda de cuarzo se encuentra destapa y a presión atmosférica, por lo tanto la ecuación de Bernoulli quedará expresada de la siguiente manera:

$$H = \frac{\Delta v^2}{2g} + \Delta Z + H_f \quad \text{ec. (6.1a)}$$

$$H_f = \sum H_{Fc} + \sum H_{Fe} \quad \text{ec. (6.4)}$$

Ahora sustituyendo los valores de todos los términos en la ecuación 6.1a quedará:

$$H = \frac{\left(38.9767 \frac{m}{s} - 0 \frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 9.806 \frac{m}{s^2}} + (0.3m - 0m) + (2.6301 + 58.0965 + 40.6924 + 77.5093) m$$

$$\underline{\underline{H = 296.6902m}}$$

Ya calculada la carga, la potencia para un equipo de bombeo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$P = M \cdot H \quad \text{ec. (6.5)}$$

Donde:

- P es la potencia del equipo de bombeo.
- M es el flujo másico que será bombeado.
- H es la carga que tendrá el equipo de bombeo.

Nota: Esta ecuación funciona para cualquier sistema de unidades pero es prudente recordar que las unidades deberán ser consistentes.

Ahora sustituyendo valores en la ecuación de potencia tenemos:

$$P = M \cdot H = Q \cdot \rho \cdot H \quad \text{ec. (6.5a)}$$

$$P = \left(1.5 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}\right) \left(1990 \frac{kg}{m^3}\right) (296.6902m)$$

$$P = 8.8562 \frac{kg \cdot m}{s} \cdot \frac{9.807 \times 10^{-3} KW}{1 \cdot \frac{kg \cdot m}{s}}$$

$$\underline{\underline{P = 8.6852 \times 10^{-2} KW = 86.8527W}}$$

6.2.3 Selección de los dispositivos y materiales que constituirán el equipo de mezcla rápida.

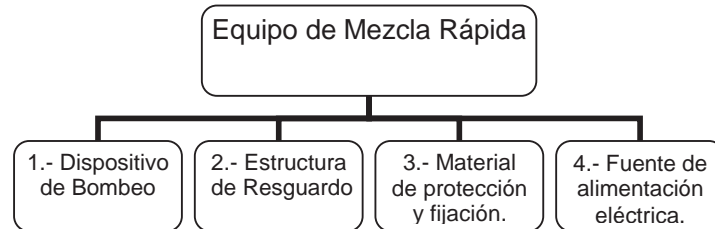


Figura 6.7 Diagrama de los elementos constitutivos del equipo de mezcla rápida.

La selección de los dispositivos y materiales que constituirán el equipo de mezcla rápida dependerán del cabal cumplimiento de 4 factores principalmente, esto son en orden de importancia: especificaciones, disponibilidad en el mercado, facilidad de operación y precio.

a.- Dispositivo de Bombeo

El primer dispositivo y más importante en este equipo de mezcla rápida que será buscado en el mercado es el que será el dispositivo de bombeo encargado de desplazar el embolo de la jeringa para que el fluido llegue a la celda en el tiempo deseado, claro está que la selección será basada en mayor importancia a la potencia requerida para que el dispositivo logre el objetivo deseado.

Para fungir como el dispositivo de bombeo en el equipo de mezcla rápida se seleccionó un accionador de los seguros brinda muchas ventajas ya que su forma de accionar es eléctrica y además se puede regular su funcionamiento con un control remoto; su tamaño es el adecuado para desplazar el embolo de la

jeringa para enviar el volumen deseado a la celda; los proveedores de estos accionadores siempre venden un par de estos accionadores y un circuito “cerebro” que es el que controla el funcionamiento de dichos, esto resulta conveniente para la construcción del equipo de mezcla rápida ya que por lo regular en la mayoría de las reacciones en fase acuosa por lo menos se utilizan 2 reactivos y este par de accionadores nos permite hacer el estudio de cinéticas de reacciones con dos o mas reactivos (en el caso de ser cuatro reactivos hay que preparar disoluciones de un par de reactivos que no reaccionen entre si para que esta disolución sea colocada en una jeringa y hacer lo mismo con los otros dos reactivos para que al momento de ser bombeados a la celda de cuarzo la reacción en efecto empiece al momento de estar en la celda).

Por otra parte una desventaja es que usualmente estos accionadores se conectan a la batería de un automóvil para recibir la energía eléctrica necesaria para hacer su trabajo.

El problema de la alimentación de la energía eléctrica a estos accionadores puede ser resuelto de manera fácil conectando el circuito “cerebro” de estos accionadores a una fuente de energía eléctrica común como lo son los enchufes del laboratorio, para llevar esto acabo se ocupa seleccionar una fuente de poder que elimine corriente que de tal manera que la alimentación de energía a nuestro sistema de bombeo sea 12 volts y 12 amperios como máximo.

b.- Estructura de resguardo.

Se procedió a diseñar una estructura que resguardara y mantuviera fijo los accionadores, dicha estructura tendría que ser rígida por lo que se propuso que fuera de acero y su diseño se muestra a continuación:

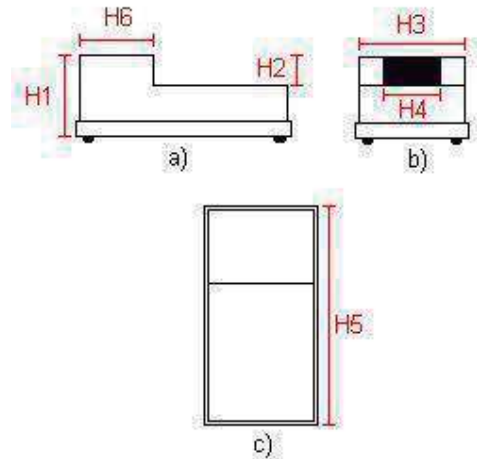


Figura 6.8 Vistas del diseño de la estructura que soportará al sistema de bombeo; a) vista lateral, b) vista frontal, c) vista aérea.

Este diseño hecho considerando las medidas de los accionadores eléctricos y de su circuito “cerebro” y las medidas son las siguientes: $H1 = 8.5$ cm, $H2 = 4.0$ cm, $H3 = 15$ cm, $H4 = 8$ cm, $H5 = 30$ cm y $H6 = 11$ cm.

Ya construida la estructura metálica se procedió a montar los accionadores y el circuito “cerebro” dentro de la estructural de metal y a continuación se conectaron dichos dispositivos, estos fueron colocados y conectados por un técnico experto en conectar estos dispositivos

c.- Material de protección y fijación.

Se procedió a colocar sobre la base de esta estructura metálica unas gomitas protectoras, para proteger de rayones y golpes tanto la estructura metálica como la superficie en donde estuviera ubicado, y así evitar su deterioramiento.

Para mantener fijas las jeringas sobre la estructura metálica se compraron e instalaron 2 clips que sujetan las jeringas.

Para proteger la estructura de la corrosión causada por la humedad del medio ambiente se le aplicaron dos capas de pintura de aceite.

d.- Fuente de alimentación eléctrica.

Por último se procedió a resolver el problema de fuente de alimentación eléctrica, para esto se tuvieron en cuenta dos factores principalmente, la fuente de alimentación deberá invariablemente administrar 12 volts al equipo de mezcla rápida y hasta 12 amperes, pero se fijará un valor de amperaje ya que este no se puede estar variando.

Dado que la parte vital de los accionadores es un motor eléctrico lo que se pretende es buscar una fuente de poder le proporcione el voltaje y amperaje necesario para obtener la potencia deseada, ya que el voltaje será un valor fijo entonces el amperaje es el que se deberá calcular.

La única ecuación para motores eléctricos de cualquier tipo que relaciona al voltaje, amperaje y potencia es la siguiente:

$$P = V \cdot I \quad \text{ec. (6.6)}$$

Donde:

- P es la potencia del motor eléctrico expresada en watts.
- V es el voltaje que deberá de ser alimentado al motor expresado en volts.
- I es la intensidad eléctrica que deberá ser alimentada al motor expresada en amperios.

Se conoce la potencia y el voltaje que son los valores que no se pueden modificar, y con estos valores se calculará la cantidad de amperes necesarios

para producir la potencia requerida, por lo tanto despejando de la ecuación anterior la intensidad eléctrica:

$$I = \frac{P}{V} \quad \text{ec. (6.6a)}$$

Ahora sustituyendo valores en la ecuación 6.6a:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{86.8527 \cdot W}{12 \cdot \text{volts}}$$

$$\underline{\underline{I = 7.2377 \cdot Amps}}$$

Por lo que para fijar un valor exacto de amperaje se escogió el valor de 10 amperios, el cual es un poco más grande que el calculado y además una fuente de alimentación de 12 volts y 10 amperios, es más común que una de 12 volts y 7 amperios.

Conectando esta fuente de alimentación, se puede decir que el equipo de mezcla rápida está terminado, y el equipo completo luce de la siguiente manera:

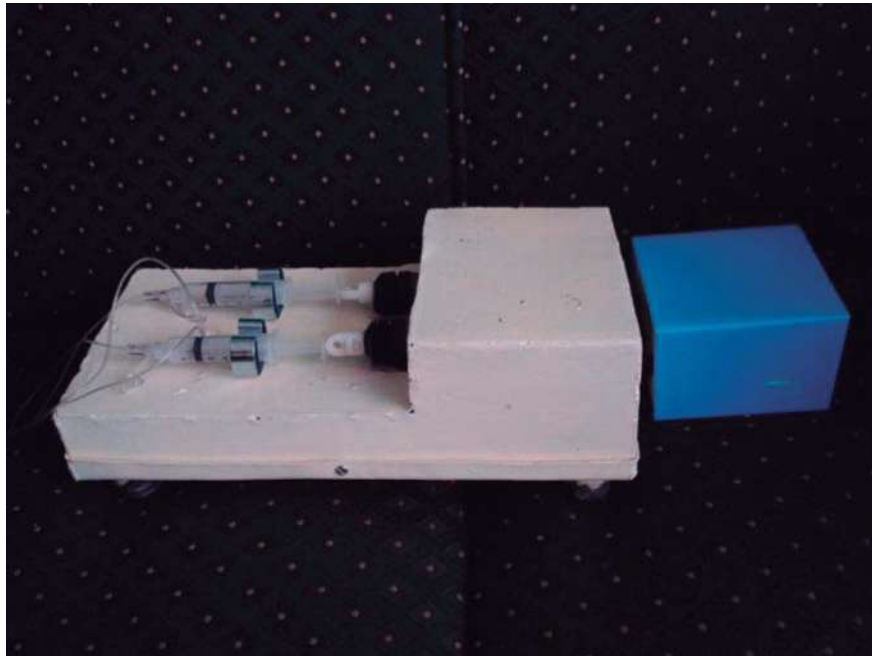


Figura 6.9 Equipo de mezcla rápida sin acoplar.

El costo de cada uno de los materiales y dispositivos constitutivos del equipo de mezcla rápida es mostrado en la tabla 6.1:

Tabla 6.1 Relación de costos de materiales y dispositivos constitutivos del equipo de mezcla rápida.

Dispositivo	Costo
Dispositivo de bombeo	800
Estructura de resguardo	100
Material de protección y fijación	65
Fuente de alimentación eléctrica	290
Total	1255
<i>Nota: Todos los costos están dados en peso m.n.</i>	

El costo del equipo de mezcla rápida RX.2000 Varian ® es mostrado en la tabla 6.2:

Tabla 6.2 Tabla de cotización del equipo de mezcla rápida RX.2000 de la marca Varian ®.

DESTINO		METODO RECOMENDADO DE EMBARQUE		TIEMPO ESTIMADO DE ENTREGA	LOS PRECIOS SON EN:	
Morelia, Mich		Nuestro Conductor		6 semanas	Dólares Americanos	
PARTIDA	CANTIDAD	NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
1	1	79-100410-00	Rapid Mix accessory The RX.2000 Rapid Mix accessory from Applied Photophysics is a stop flow accessory that allows you to start measuring reagents as soon as they have been mixed. This is an obvious advantage for reactions which are short-lived. The syringes are mounted on a rigid drive platform ensuring that the flow is stopped precisely and instantaneously. This platform and the syringe mounting blocks are extremely resistant to chemical attack. Reagents travel in this inert sample circuit through an umbilical cord to the flow cell where they are mixed by a high efficiency T-format mixer. Pneumatic Drive For RX2000	12,296.88	12,296.88	
2	1	79-100411-00	Dip probe coupler Fibra Óptica para Cary 50, incluyendo soporte para montaje, sistema de transferencia, de señal y de la fuente de luz,	3,310.72	3,310.72	
3	1	02-101593-00	así como un Dip Probe de Fibra óptica con rango de 200 a 1100 nm con paso de luz de 10 mm.	1,508.64	1,508.64	
4	1	79-100299-00	Repuesto de DIP probe de Fibra óptica con rango de 200 a 1100 nm con paso de luz de 10 mm.	1,602.72	1,602.72	
				SUBTOTAL:	\$ 18,718.96	
				I. V. A.	2,807.84	
				TOTAL:	\$ 21,526.80	

Ya construido el equipo ahora se procederá a acoplarlo al espectrofotómetro UV – Visible modelo Cary 50 de la marca Varian ®.

6.3 Acoplamiento del equipo de mezcla rápida.

Para realizar el acoplamiento simplemente se tuvieron que hacer pasar las cánulas por un compartimiento de conexión para equipos auxiliares externos del Cary 50 y así poder llegar las cánulas hasta el lugar donde se ubicará la celda de cuarzo.

Dicho acoplamiento se muestra en la siguiente figura:



Figura 6.10 Equipo de mezcla rápida acoplado.

Ya acoplado el equipo de mezcla rápida ahora se procederá a comprobar su funcionamiento.

*Capítulo 7:
Comprobación del
Funcionamiento del Equipo de
Mezcla rápida.*

CAPITULO 7: COMPROBACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE MEZCLA RAPIDA.

7.1 Introducción.

Como ya fue mencionado con anterioridad el fin primordial de la construcción y el acoplamiento del equipo de mezcla rápida es hacer el estudio cinético de reacciones cuyo tiempo de reacción es muy pequeño.

Por este motivo, para la comprobación del buen funcionamiento del equipo de mezcla rápida construido, es de vital importancia hacer el estudio cinético de una reacción rápida utilizando el equipo.

La reacción que será seleccionada deberá presentar un tiempo de reacción máximo de 1 minuto, contar con un reactivo/compuesto que absorba en la región UV-Visible, tener impacto en algún tipo de investigación o bien, ser aplicable en situaciones cotidianas a nivel investigación o industrial. Estos factores de selección condujeron a la selección de la reacción de descomposición del ión xantato, a la cuál se le hará alusión a continuación.

7.2 Descomposición del ión xantato.

7.2.1 Antecedentes de la descomposición del ión xantato.

La presencia de iones disueltos en aguas ácidas de minas, efluentes industriales y urbanos, entre otros, ha llamado la atención debido a la cada vez mayor contaminación ambiental. A la ingesta de los iones de metales pesados se atribuyen enfermedades del tipo gastrointestinal, cardiovascular y de malformación principalmente.

Se han propuesto sistemas de separación iónica tales como el uso de zeolitas activadas, separación electrolítica y a últimas fechas la flotación de iones en solución empleando reactores de dispersión de gas.

La flotación iónica es una técnica que toma ventaja de ciertas propiedades que caracterizan a las interfases para flotar selectivamente iones de acuerdo a su carga en medios acuosos. Esta técnica extrae los iones en solución al combinar un determinado colector con la especie iónica para formar compuestos organometálicos que serán capturados por la dispersión de gas y llevados fuera del reactor columnar.

Los xantatos son reactivos colectores por excelencia para la flotación de minerales sulfurosos; los cuales en función de las diferencias en las propiedades superficiales de los minerales son absorbidos selectivamente por estas provocando la transformación de las superficies hidrofílicas en hidrofóbicas. Estas modificaciones superficiales tienen lugar por mecanismos de quimisorción o mecanismos de oxidación electroquímica.

7.2.2 Mecanismo de descomposición del ión xantato.

Varios autores han realizado estudios sobre las transformaciones que tiene lugar en la descomposición de los xantatos. Iwasaki y Cooke (1958) estudiaron la descomposición del etil xantato de potasio en medio ácido, concluyendo que el xantato y el ácido xántico se encuentran en equilibrio en un rango de pH de 0.10 hasta 4.71. Sun Z y Forslinga (1997) obtuvieron resultados similares en el rango de pH de 3 a 5. Estos últimos reportan además la formación del ión dixantógeno entre valores de pH de 6 a 12 en la banda de 230 – 240 nm característica para este ión, mientras que la banda característica del ión perxantato (348 nm) en el rango de pH de 9 a 11.

Estos investigadores proponen el siguiente mecanismo de descomposición del ión xantato:

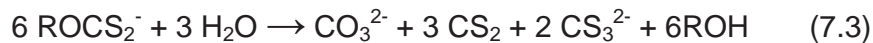
a) Primera etapa: Hidrólisis del ión xantato:



b) Segunda etapa: A su vez el ácido xántico se descompone en alcohol y disulfuro de carbono:



c) Tercera etapa: La descomposición hidrolítica del ión xantógeno:



La descomposición hidrolítica del ión xantógeno ocurre en medio neutro y alcalino sin embargo otros autores consideran que esta reacción se verifica a pH > 13 Rao (1971), y Obregón (1990).

d) Cuarta etapa: La consecuente oxidación a dixantógeno:



Con la observación que esta oxidación se puede presentar por la reacción con el oxígeno disuelto del medio acuoso:



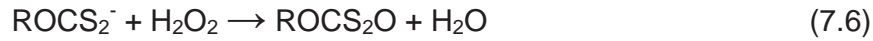
La evolución de esta reacción es muy corta; después de la oxidación de un 5 – 10 % en un medio neutro se alcanza el equilibrio, la magnitud de la reacción es dependiente del pH del medio.

Las reacciones de oxidación a dixantógeno han sido consideradas irreversibles y en otros casos se ha considerado al dixantógeno como no reactivo, pero estudios han demostrado que el dixantógeno reacciona en condiciones alcalinas y se revierte en parte a xantato y descompone a CS_2^- .

e) Quinta etapa: Oxidación a monotiocarbonato:



f) Sexta etapa: Oxidación a perxantato:



Para la ocurrencia de esta última reacción son necesarias condiciones específicas de alcalinidad y alto grado de oxidación (Jones y Woodcock, 1975; Tipman y Leja, 1975).

A pesar de que estos trabajos explican en cierta medida el comportamiento de los xantatos en medio acuosos, existen elementos que no están bien definidos como los rangos de pH en el cual transcurren las seis etapas de reacción anteriores.

7.3 Materiales.

Para el desarrollo de este trabajo de tesis solamente se efectuará el estudio de una de las etapas de la descomposición del ión xantato y los resultados de este estudio cinético se compararán con los reportados en la bibliografía

REACTIVOS:

- Solución de amil xantato de potasio: Dilución con agua destilada la cual contendrá 0.0337 gramos de amil xantato de potasio por litro de solución, a partir de amil xantato de potasio industrial con un 92 % de pureza (ALKEMIN S.A. de C.V.).
- Solución de ácido sulfúrico para modificar las condiciones de pH para que el valor de este esté entre 1 y 5.

EQUIPO:

Espectrofotómetro UV – Visible Cary 50 de marca Varian ® para hacer un barrido de la solución reaccionante; este barrido se efectuará en la región entre 200 y 450 nm ya que en este rango se encuentran las bandas características de las especies objeto del estudio como se muestra en la tabla 7.1:

Tabla 7.1 Bandas características de las especies observadas en la descomposición del ión xantato

Especie	Longitud de onda, nm
Xantógeno (ROCS_2^-)	226 y 301
Dixantógeno ($\text{ROCS}_2)_2$	238 y 283
Bisulfuro de Carbono (CS_2)	206
Acido Xántico (ROCS_2H)	270
Alcohol amilico (ROH)	210
Monotiocarbonato (ROCSO^-)	223
Perxantato (ROCSO^-)	348

Todas las mediciones se realizarán en una celda de cuarzo de 1 cm de lado y como solución de referencia se utilizará agua destilada.

7.4 Técnica experimental.

La secuencia de la técnica experimental será la siguiente:

- a. El día del experimento se preparará una solución de amil xantato de potasio de 0.0337 gramos por medio litro de solución haciendo dilución con agua destilada.
- b. Posteriormente, se tomará de dicha solución un muestra de 1.4 mililitros la cual se mezclará con 1.4 mililitros de una solución de ácido sulfúrico 1.0 M para modificar su pH en el rango de 1 a 5.

- c. Se medirá el pH de esta mezcla para determinar su valor concreto con el cual se estará trabajando.
- d. A continuación, se hará un barrido con el espectrofotómetro Cary 50; primero se colocará en la celda de cuarzo el blanco (agua destilada), después se colocará el reactivo disuelto en agua y posteriormente la mezcla reaccionante para determinar los picos de máxima absorbancia y seleccionar la longitud de onda a la cuál se hará el estudio cinético.
- e. Se tomará otra muestra de 1.4 mililitros tomada de la solución de amil xantato de potasio y será colocada en una de las jeringas del equipo de mezcla rápida, así también se colocará un volumen equivalente de solución de ácido sulfúrico en la otra jeringa.
- f. Se mezclarán los reactivos con la ayuda del equipo de mezcla rápida en la celda y en el momento que el embolo de la jeringa desplace los 1.4 mililitros de ambos reactivos en ese momento se iniciará el registro de los datos de absorbancia vs tiempo.

Los resultados de las corridas experimentales serán presentados en el siguiente capítulo.

*Capítulo 8:
Resultados
y
Análisis.*

CAPITULO 8: RESULTADOS Y ANALISIS.

8.1 Resultados.

8.1.1 Espectro de barrido de los reactivos y productos de la reacción de descomposición de amil xantato de potasio.

Se realizó el barrido de la solución de 0.0337 g de amil xantato de potasio en 500 ml de agua destilada; a un pH = 6 se obtuvieron los siguientes resultados.

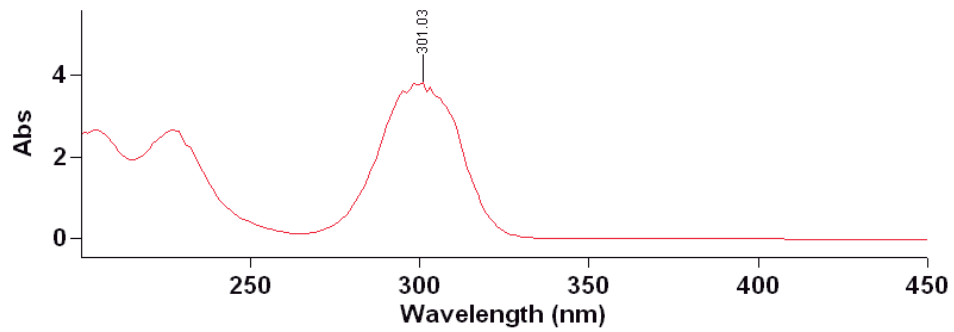


Figura 8.1 Barrido de la solución de amil xantao de potasio.

A continuación, se procedió a hacer un barrido de la solución reaccionante (amil xantato de potasio y ácido sulfúrico concentración 1.0 M); a un pH = 1 con los resultados que se muestran a continuación:

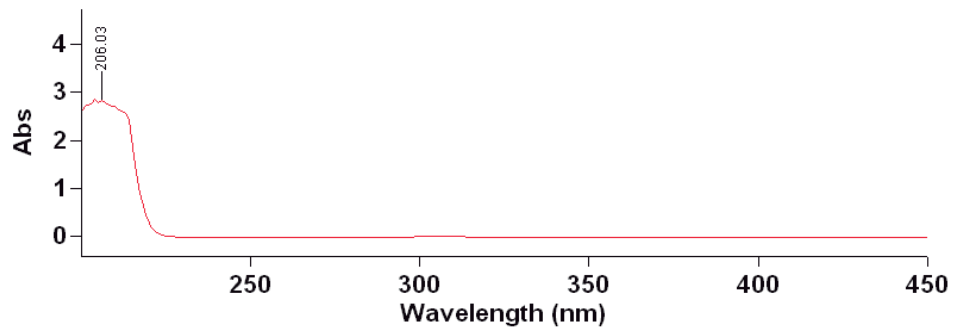


Figura 8.2 Barrido de la solución reaccionante.

Con la información de las graficas anteriores se ubicó que etapa de la reacción de descomposición del amil xantato de potasio se estaba presentando a las condiciones de $\text{pH} = 1.0$. Se determinó que se estaba presentando la tercera etapa de la reacción debido a que al momento de hacer el barrido de los reactivos se presentó el pico característico del ión xantógeno y al momento de hacer el barrido de los productos se presentó el pico característico del bisulfuro de carbono el cual es un producto en esta etapa de la descomposición y sus picos característicos se muestran en la tabla 7.1.

Por lo que se decidió monitorear la desaparición del ión xantógeno que presenta un pico de máxima absorbancia a una de longitud de onda, $\lambda = 301.03 \text{ nm}$.

8.1.2 Resultados arrojados del monitoreo de la reacción de amil xantato de potasio a $\text{pH} = 1$.

El monitoreo de la reacción de descomposición del ión xantogeno a $\text{pH} = 1$ produjo la siguiente curva de desaparición a , $\lambda = 301.03 \text{ nm}$.

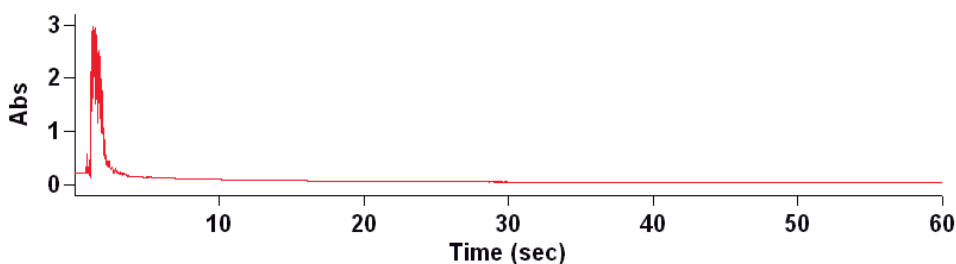


Figura 8.3 Curva de desaparición del ión xantógeno.

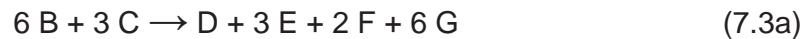
8.2 Análisis.

Para hacer el análisis de resultados se procederá a calcular el orden de reacción y la constante específica de velocidad de reacción, K , con los datos de absorbancia registrados con el espectrofotómetro, los cuales son presentados en el apéndice B en la tabla B.1.

Según el pH y los barridos hechos para los reactivos y los productos de la reacción se presenta la tercera etapa de la descomposición de ión xantato:



Ahora si rescribimos esta reacción química de la siguiente manera:



La cuál también se puede escribir de la siguiente manera:



Ahora recordando la ecuación de velocidad de reacción:

$$\begin{aligned} r_A &= \kappa C_A^a C_B^b \dots C_Z^z \\ a + b + \dots + z &= n \end{aligned} \quad \text{ec. (1.8)}$$

y utilizándola a conveniencia de la reacción a estudiar quedaría planteada de la siguiente manera:

$$r_B = -\frac{dC_B}{dt} = -\frac{dC_C}{dt} = \kappa C_B^\beta C_C^\gamma \quad \text{ec. (8.1)}$$

Dado que la concentración del reactivo "C" en esta reacción es muchísimo mayor que la del reactivo "B" en esta reacción se considerará que la concentración de reactivo "C" no varía significativamente a través del paso de la reacción por lo que la concentración a cualquier tiempo del reactivo "C" será aproximadamente igual a su concentración inicial.

Dadas estas consideraciones lo que se calculará es el orden aparente de reacción o pseudo orden; planteando las ecuaciones de la siguiente manera:

Para una reacción irreversible de primer orden la ecuación cinética sería:

$$-r_B = \frac{dC_B}{dt} = \kappa C_B C_{C_0} \quad \text{ec. (8.2)}$$

$$\kappa' = \kappa \cdot C_{C_0} \quad \text{ec. (8.3)}$$

$$\frac{dC_B}{dt} = \kappa' \cdot C_B \quad \text{ec. (8.4)}$$

Ahora recordando la ley de Beer:

$$\log \frac{P_0}{P} = \epsilon b c = A \quad \text{ec. (1.11)}$$

Acomodando los términos de la ecuación:

$$A_B = \epsilon \cdot b \cdot C_B \quad \text{ec. (8.5)}$$

Despejando la concentración del reactivo "B" de la ecuación 8.5 nos quedaría:

$$C_B = \frac{A_B}{\epsilon \cdot b} \quad \text{ec. (8.5a)}$$

Sustituyendo la ecuación 8.5a en la ecuación 8.4 se obtiene:

$$\frac{1}{\epsilon \cdot b} \frac{dA_B}{dt} = \kappa' \cdot \frac{A_B}{\epsilon \cdot b} \quad \text{ec. (8.6)}$$

$$\frac{dA_B}{dt} = \kappa' \cdot A_B \quad \text{ec. (8.6a)}$$

Separando variables e integrando la ecuación 8.6a sería:

$$\int_{A_B^0}^{A_B^t} \frac{dA_B}{A_B} = \kappa' \int_0^t dt \quad \text{ec. (8.7)}$$

$$\ln \left(\frac{A_B^t}{A_B^0} \right) = \kappa' \left[t \right]_0^t \quad \text{ec. (8.8)}$$

$$\ln \left(\frac{A_B^t}{A_B^0} \right) = \kappa' t \quad \text{ec. (8.9)}$$

$$\ln(A_B^t) = \ln(A_B^0) + k't \quad \text{ec. (8.10)}$$

Comparando la ecuación 8.10 con la ecuación de la línea recta:

$$Y = A + B \cdot X \quad \text{ec. (8.11)}$$

Donde:

- Y es la variable dependiente ($\ln(A_B^t)$).
- A es el intercepto ($\ln(A_B^0)$).
- B es la pendiente de la recta (k').
- X es la variable independiente (t).

Haciendo el ajuste por mínimos cuadrados:

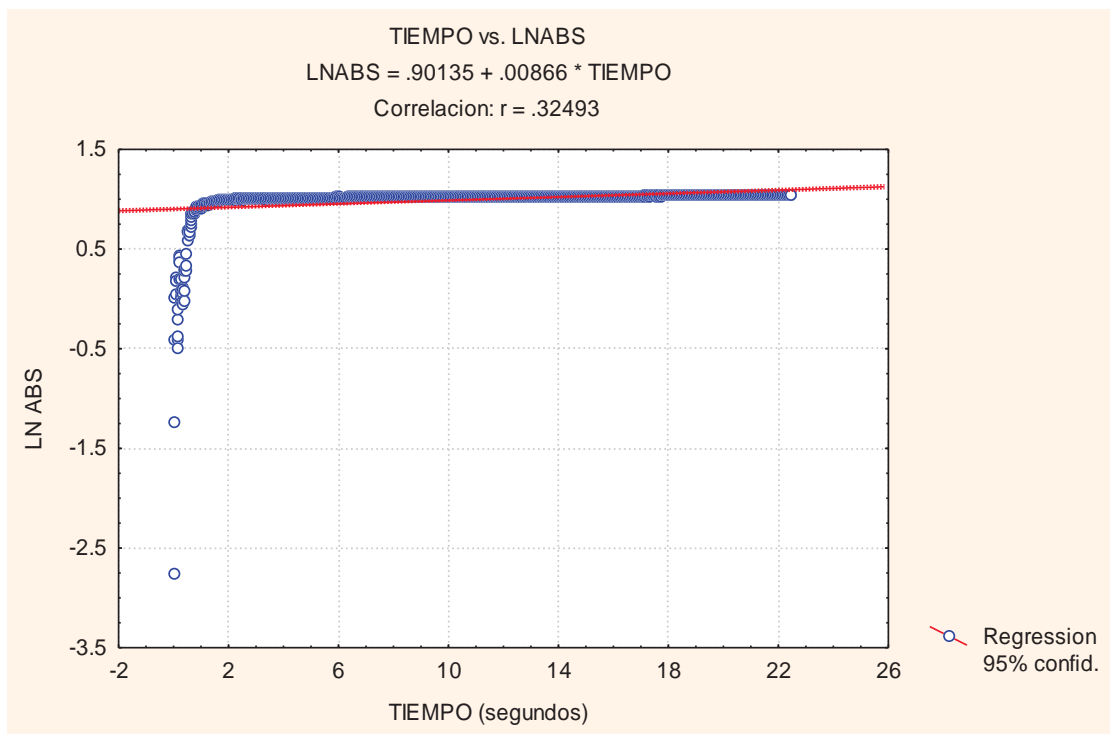


Figura 8.4 Ajuste por mínimos cuadrados para 1er orden.

Para una reacción irreversible de segundo orden la ecuación cinética sería:

$$-r_B = \frac{dC_B}{dt} = \kappa C_B^2 C_{Co} \quad \text{ec. (8.12)}$$

$$\kappa' = \kappa \cdot C_{Co} \quad \text{ec. (8.13)}$$

$$\frac{dC_B}{dt} = \kappa' \cdot C_B^2 \quad \text{ec. (8.14)}$$

Ahora recordando la ley de Beer:

$$\log \frac{P_0}{P} = \epsilon b c = A \quad \text{ec. (1.11)}$$

Acomodando los términos de la ecuación:

$$A_B = \epsilon \cdot b \cdot C_B \quad \text{ec. (8.5)}$$

Despejando la concentración del reactivo "B" de la ecuación 8.5 nos quedaría:

$$C_B = \frac{A_B}{\epsilon \cdot b} \quad \text{ec. (8.5a)}$$

Sustituyendo la ecuación 8.5a en la ecuación 8.4 se obtiene:

$$\frac{1}{\epsilon \cdot b} \frac{dA_B}{dt} = \kappa' \cdot \frac{A_B^2}{\epsilon \cdot b} \quad \text{ec. (8.15)}$$

$$\frac{dA_B}{dt} = \kappa' \cdot A_B^2 \quad \text{ec. (8.15a)}$$

Separando variables e integrando la ecuación 8.15a sería:

$$\int_{A_B^0}^{A_B^t} \frac{dA_B}{A_B^2} = \kappa' \int_0^t dt \quad \text{ec. (8.16)}$$

$$\left[\frac{1}{A_B} \right]_{A_B^0}^{A_B^t} = \kappa' \left[t \right]_0^t \quad \text{ec. (8.17)}$$

$$\frac{1}{A_B^t} - \frac{1}{A_B^0} = \kappa' t \quad \text{ec. (8.18)}$$

$$\frac{1}{A_B^t} = \frac{1}{A_B^0} + \kappa' t \quad \text{ec. (8.19)}$$

Comparando la ecuación 8.10 con la ecuación de la línea recta:

$$Y = A + B \cdot X \quad \text{ec. (8.11)}$$

Donde:

- Y es la variable dependiente ($1/A_B^t$).
- A es el intercepto ($1/A_B^0$).
- B es la pendiente de la recta (k').
- X es la variable independiente (t).

Haciendo el ajuste por mínimos cuadrados:

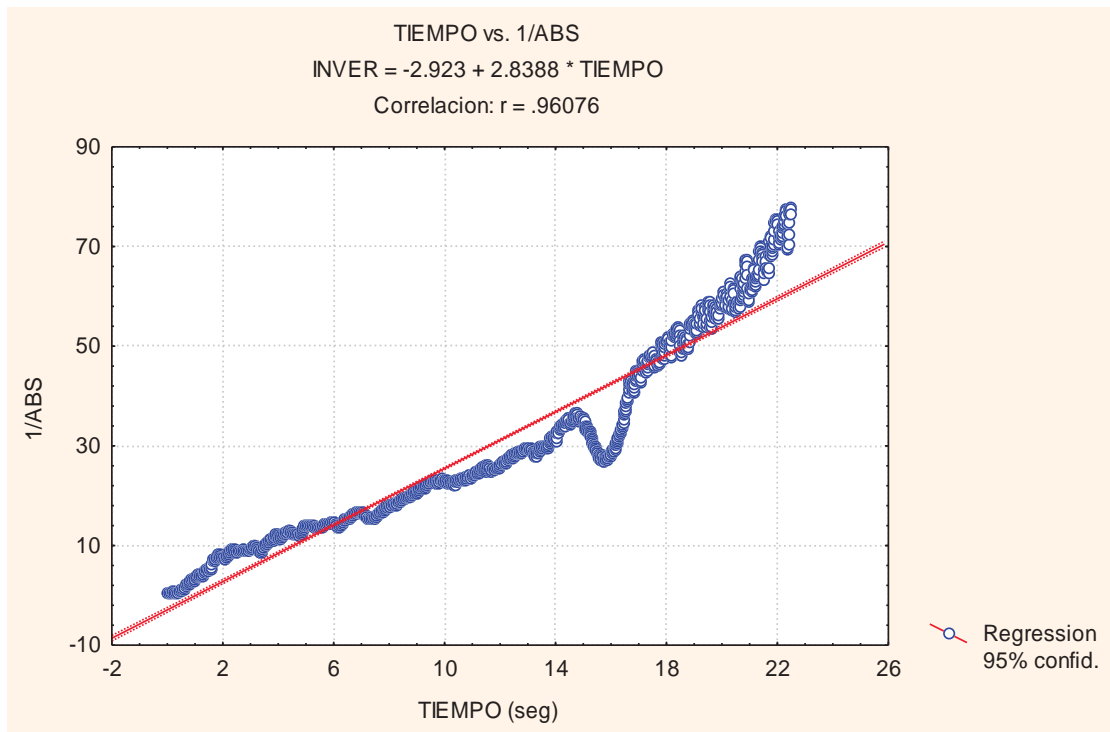


Figura 8.5 Ajuste por mínimos cuadrados para 2do orden.

Debido al mayor grado de correlación mostrado por el ajuste de datos para segundo orden se sugiere que la reacción estudiada es de segundo orden.

Para calcular el tiempo de mezclado se procederá a tomar 2 valores, el primer valor llamado punto 1 será el valor del tiempo justo antes de iniciar el mezclado o sea cuando la absorbancia se mantiene constante, el segundo valor llamado punto 2 será el valor del tiempo justo cuando la absorbancia alcanza su máximo en la gráfica; estos puntos se muestran en la siguiente figura:

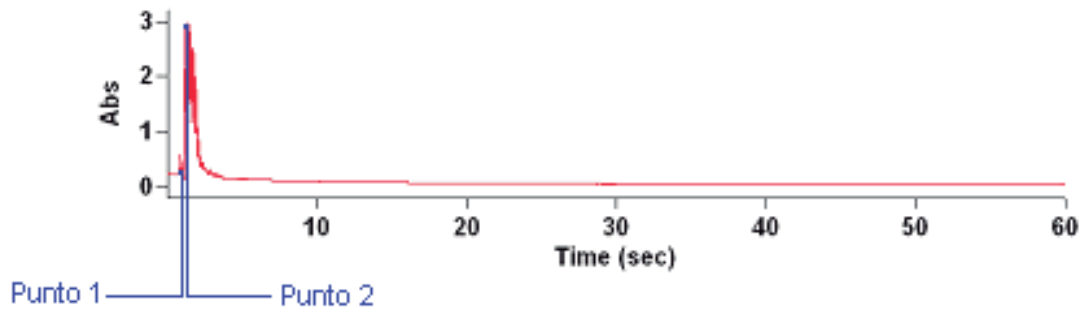


Figura 8.6 Gráfica del punto 1 y punto 2 para el cálculo del tiempo de mezclado.

Después, ya con los puntos 1 y 2 ubicados se procede a hacer la resta de estos tiempos la cual nos dará el valor aproximado del tiempo de mezclado, esta resta nos da como resultado un tiempo de mezcla igual a 0.2125 s.

*Capítulo 9:
Conclusiones
y
Recomendaciones.*

CAPITULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**9.1 Conclusiones.**

El análisis de resultados condujo a las siguientes conclusiones:

- La construcción y acoplamiento del equipo de mezcla rápida resultó ser satisfactoria ya que fue posible realizar el estudio de la cinética de una reacción rápida con la ayuda del mismo teniendo una altísima correlación de datos, pero no cumple en su totalidad con el tiempo de mezclado planteado, ya que se planteó un tiempo de mezclado igual a 0.1 s y al calcular el tiempo real de mezclado este fue igual a 0.2125 s, sin embargo, este tiempo de mezclado es sumamente útil para hacer estudios de cinéticas de reacciones rápidas lo cual es respaldado con el tiempo de la reacción estudiada y con la correlación de datos presentada en el capítulo anterior.

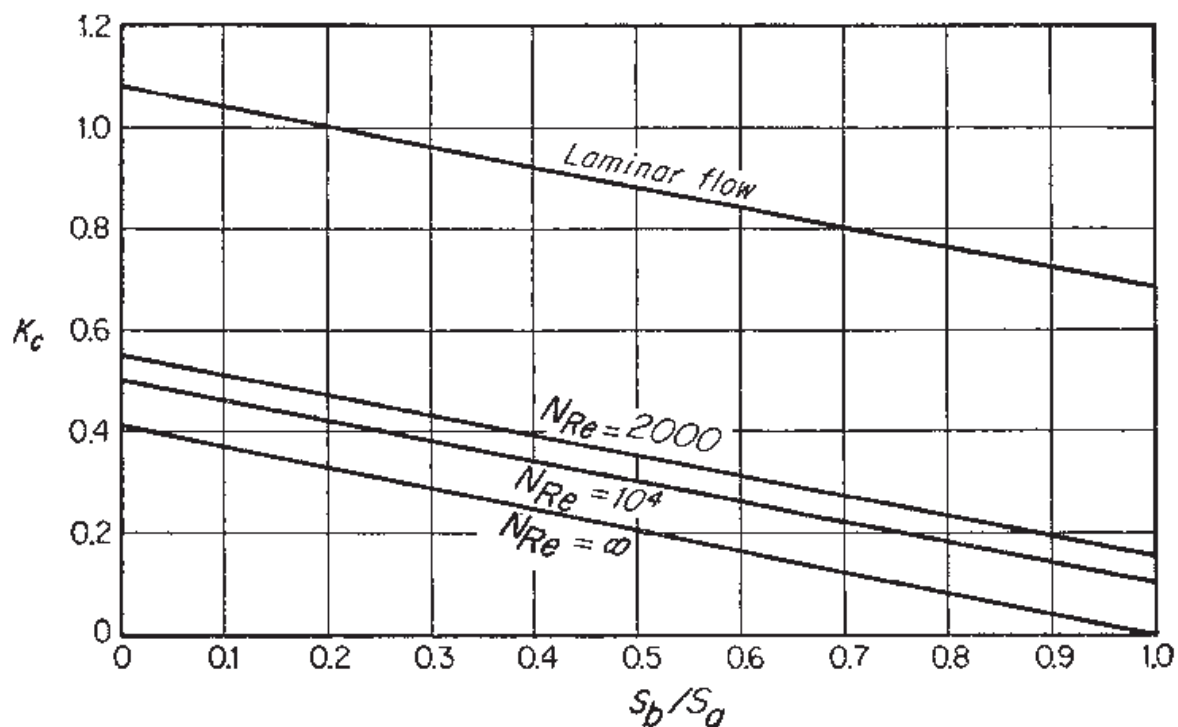
9.2 Recomendaciones.

Se recomienda para trabajos futuros la optimización de este equipo de mezcla rápida como por ejemplo aumentar la capacidad de su fuente de alimentación para obtener una mayor potencia y crear algún dispositivo que haga posible el inicio de la toma de datos justo en el momento de que ambos reactivos se han mezclado dentro de la celda de cuarzo.

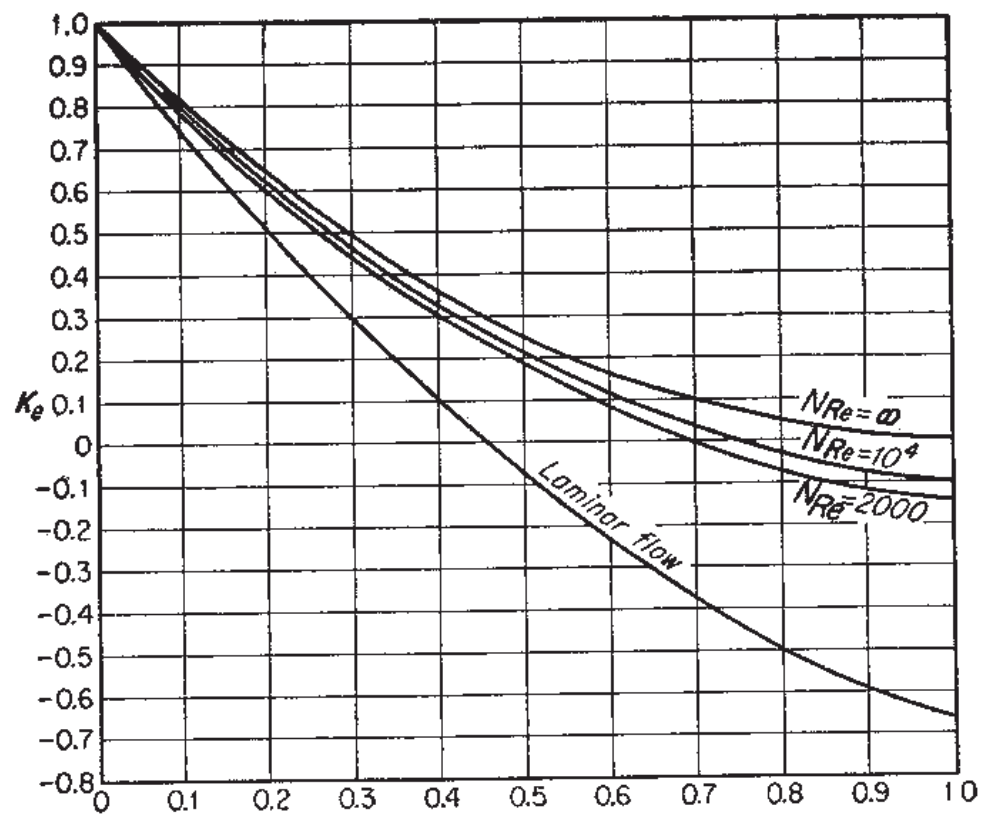
Apéndice

A

APENDICE A: GRAFICAS DE COEFICIENTES DE CONTRACCION Y EXPANSION SUBITA.



Gráfica A.1 Coeficiente de contracción súbita en función del número de Reynolds y el porcentaje de contracción según McCabe y Smith.



Gráfica A.2 Coeficiente de expansión súbita en función del número de Reynolds y el porcentaje de expansión según McCabe y Smith.

Apéndice

B

APENDICE B: TABLA DE RESULTADOS Y ANALISIS.

Tabla B.1 Datos experimentales y resultados.

TIEMPO	ABS	ABSFILT2	LNABS	INVER
0	2,872149	2,860186		0,35209
0,0125	2,94087	2,796263	-2,75299	0,360196
0,025	2,931385	2,569814	-1,23723	0,392185
0,0375	1,98477	2,198007	-0,4125	0,459135
0,05	1,753583	1,850684	0,009273	0,546244
0,0625	1,820119	1,665973	0,177331	0,607543
0,075	1,040223	1,622389	0,213183	0,624068
0,0875	1,658879	1,663261	0,179601	0,608546
0,1	1,70153	1,814465	0,044529	0,557269
0,1125	2,247847	2,039314	-0,19761	0,495218
0,125	2,14292	2,198884	-0,41383	0,458951
0,1375	2,356797	2,243938	-0,48441	0,449653
0,15	2,178755	2,177516	-0,38202	0,463496
0,1625	2,089127	1,954285	-0,09903	0,516987
0,175	1,354184	1,633462	0,204195	0,619785
0,1875	1,322934	1,395823	0,381294	0,726838
0,2	1,54817	1,322196	0,430355	0,767933
0,2125	1,198628	1,328324	0,426362	0,764337
0,225	1,349503	1,421776	0,363409	0,713381
0,2375	1,41213	1,642553	0,196756	0,616313
0,25	2,507639	1,828266	0,031241	0,553016
0,2625	2,753583	1,880524	-0,02074	0,537483
0,275	1,571823	1,843971	0,015902	0,548254
0,2875	1,14903	1,770864	0,085385	0,571147
0,3	1,807407	1,73431	0,118396	0,583325
0,3125	1,540278	1,749146	0,105129	0,57832
0,325	2,381816	1,808051	0,050645	0,559268
0,3375	1,546393	1,881351	-0,02158	0,537244
0,35	2,204787	1,910584	-0,05191	0,528937
0,3625	2,317758	1,878226	-0,01839	0,538148
0,375	1,333025	1,769719	0,086435	0,57152
0,3875	1,452159	1,627162	0,209319	0,622215
0,4	1,824011	1,533834	0,282292	0,660574
0,4125	1,470588	1,504673	0,304043	0,673549
0,425	1,31154	1,511134	0,299264	0,67063
0,4375	1,59571	1,526479	0,287823	0,6638
0,45	1,964274	1,520702	0,292145	0,666355
0,4625	1,286826	1,452285	0,341968	0,698185
0,475	1,779921	1,283125	0,455445	0,791687
0,4875	1,026924	1,062257	0,586532	0,959456
0,5	0,725334	0,916106	0,664693	1,115939
0,5125	0,815484	0,877348	0,684436	1,166388
0,525	1,128608	0,882752	0,681706	1,159082
0,5375	0,856492	0,906933	0,669401	1,127481
0,55	0,995369	0,944919	0,64976	1,081175
0,5625	0,851452	0,971224	0,635929	1,051277
0,575	1,075883	0,978005	0,632332	1,043836

0,5875	1,060273	0,957845	0,642988	1,066275
0,6	0,696653	0,893822	0,676091	1,144398
0,6125	0,842723	0,808726	0,718461	1,267868
0,625	0,609731	0,732803	0,754805	1,402911
0,6375	0,741091	0,65745	0,789616	1,568751
0,65	0,745289	0,571445	0,827921	1,813419
0,6625	0,424317	0,499414	0,85891	2,085881
0,675	0,327977	0,46786	0,872188	2,23284
0,6875	0,418189	0,467681	0,872263	2,233732
0,7	0,530303	0,477305	0,868232	2,186727
0,7125	0,714687	0,482501	0,866049	2,162158
0,725	0,535869	0,47987	0,867155	2,174528
0,7375	0,358287	0,4711	0,870833	2,216803
0,75	0,35712	0,461474	0,874854	2,26514
0,7625	0,515588	0,455764	0,877232	2,294823
0,775	0,481624	0,447366	0,880719	2,339917
0,7875	0,481598	0,426094	0,889497	2,462485
0,8	0,366244	0,394354	0,902454	2,671272
0,8125	0,266546	0,367364	0,913341	2,878823
0,825	0,333461	0,35409	0,918652	2,993207
0,8375	0,393178	0,350507	0,920081	3,025657
0,85	0,402129	0,34906	0,920657	3,038957
0,8625	0,288504	0,345406	0,922111	3,073083
0,875	0,293583	0,339449	0,924478	3,130392
0,8875	0,413996	0,332044	0,927411	3,204678
0,9	0,367335	0,324939	0,930218	3,27934
0,9125	0,287829	0,321126	0,931721	3,32087
0,925	0,297282	0,320709	0,931885	3,325471
0,9375	0,310565	0,327783	0,929095	3,249039
0,95	0,35178	0,345386	0,922119	3,073268
0,9625	0,367575	0,360755	0,915989	2,93466
0,975	0,390685	0,365248	0,914189	2,896467
0,9875	0,372866	0,358495	0,916892	2,954249
1	0,326684	0,338558	0,924831	3,139149
1,0125	0,284843	0,315606	0,933893	3,382885
1,025	0,300746	0,301243	0,939522	3,555648
1,0375	0,290352	0,295095	0,941921	3,635104
1,05	0,320286	0,291999	0,943128	3,676482
1,0625	0,286126	0,287081	0,945041	3,744183
1,075	0,28656	0,278509	0,948367	3,868341
1,0875	0,26368	0,267362	0,952676	4,042659
1,1	0,258314	0,257086	0,956632	4,217878
1,1125	0,249159	0,251298	0,958853	4,323425
1,125	0,251486	0,249838	0,959412	4,350889
1,1375	0,246729	0,251702	0,958698	4,315893
1,15	0,256172	0,258437	0,956112	4,193974
1,1625	0,266911	0,26862	0,952191	4,022202
1,175	0,288382	0,277231	0,948862	3,887563
1,1875	0,293713	0,281803	0,947091	3,819673
1,2	0,27281	0,28333	0,946498	3,797511
1,2125	0,271693	0,283567	0,946406	3,794103
1,225	0,297834	0,283548	0,946413	3,794378

1,2375	0,272507	0,283385	0,946476	3,796721
1,25	0,284578	0,282244	0,946919	3,813249
1,2625	0,288247	0,278512	0,948366	3,868292
1,275	0,271649	0,270865	0,951324	3,98621
1,2875	0,257639	0,260251	0,955415	4,16231
1,3	0,246577	0,249643	0,959487	4,354588
1,3125	0,246694	0,240857	0,962847	4,52782
1,325	0,230894	0,233856	0,965517	4,676039
1,3375	0,223052	0,228379	0,9676	4,798943
1,35	0,22796	0,223806	0,969336	4,906619
1,3625	0,223833	0,218822	0,971225	5,029628
1,375	0,216462	0,212745	0,973523	5,188189
1,3875	0,199687	0,207783	0,975396	5,325287
1,4	0,197053	0,206113	0,976025	5,373082
1,4125	0,20665	0,206747	0,975786	5,354843
1,425	0,211604	0,20902	0,974929	5,290446
1,4375	0,213801	0,212459	0,973631	5,195924
1,45	0,209782	0,215736	0,972393	5,108918
1,4625	0,216731	0,217899	0,971574	5,053087
1,475	0,228799	0,218583	0,971315	5,035673
1,4875	0,222191	0,218451	0,971365	5,039016
1,5	0,216568	0,217835	0,971599	5,054711
1,5125	0,210935	0,216985	0,97192	5,076517
1,525	0,214738	0,216559	0,972082	5,087536
1,5375	0,212667	0,216767	0,972003	5,082164
1,55	0,219165	0,217079	0,971885	5,074113
1,5625	0,224078	0,215188	0,9726	5,123276
1,575	0,212097	0,208314	0,975196	5,310293
1,5875	0,195803	0,195782	0,979911	5,688869
1,6	0,176969	0,180104	0,985778	6,245953
1,6125	0,168264	0,16592	0,991057	6,853075
1,625	0,156936	0,157499	0,994178	7,272763
1,6375	0,151729	0,155176	0,995037	7,397749
1,65	0,151931	0,156292	0,994624	7,337206
1,6625	0,1582	0,16055	0,993048	7,11492
1,675	0,170797	0,16572	0,991131	6,862493
1,6875	0,173024	0,167747	0,990378	6,768331
1,7	0,170643	0,16629	0,99092	6,835756
1,7125	0,160272	0,16143	0,992722	7,070634
1,725	0,151486	0,155167	0,99504	7,398283
1,7375	0,148115	0,151141	0,996528	7,625387
1,75	0,150938	0,149861	0,997	7,700564
1,7625	0,150365	0,149966	0,996961	7,694337
1,775	0,149156	0,150308	0,996835	7,674131
1,7875	0,150839	0,150338	0,996824	7,672343
1,8	0,150549	0,149762	0,997036	7,706415
1,8125	0,148181	0,148211	0,997609	7,799633
1,825	0,147647	0,145696	0,998536	7,955697
1,8375	0,142681	0,143394	0,999383	8,104151
1,85	0,140419	0,142434	0,999737	8,167658
1,8625	0,140618	0,142344	0,99977	8,173646
1,875	0,144782	0,142873	0,999575	8,138483

1,8875	0,144514	0,144514	0,998971	8,031225
1,9	0,146135	0,146962	0,998069	7,87638
1,9125	0,149842	0,149534	0,997121	7,71997
1,925	0,153312	0,151694	0,996324	7,593386
1,9375	0,152752	0,152936	0,995865	7,52244
1,95	0,151453	0,153272	0,995741	7,503457
1,9625	0,154118	0,153166	0,99578	7,509448
1,975	0,154706	0,152594	0,995991	7,541802
1,9875	0,151554	0,151719	0,996314	7,591908
2	0,146852	0,151257	0,996485	7,618613
2,0125	0,14936	0,151529	0,996384	7,602904
2,025	0,153401	0,153027	0,995831	7,517253
2,0375	0,155061	0,155806	0,994804	7,363443
2,05	0,159268	0,158159	0,993934	7,238055
2,0625	0,159604	0,158908	0,993656	7,198988
2,075	0,160247	0,158487	0,993812	7,220895
2,0875	0,157613	0,156812	0,994432	7,309293
2,1	0,15242	0,154048	0,995454	7,46002
2,1125	0,149973	0,151368	0,996444	7,612181
2,125	0,150499	0,149266	0,99722	7,736014
2,1375	0,148356	0,147462	0,997885	7,845501
2,15	0,145126	0,14587	0,998471	7,9447
2,1625	0,142901	0,144764	0,998879	8,015156
2,175	0,143965	0,144101	0,999123	8,057946
2,1875	0,144542	0,14315	0,999473	8,120189
2,2	0,144904	0,141164	1,000204	8,253276
2,2125	0,138163	0,138189	1,001298	8,46105
2,225	0,132921	0,135261	1,002373	8,675992
2,2375	0,132028	0,133453	1,003036	8,814228
2,25	0,133363	0,132861	1,003253	8,860435
2,2625	0,133088	0,132882	1,003246	8,858845
2,275	0,132813	0,132872	1,003249	8,859568
2,2875	0,132793	0,132508	1,003382	8,888252
2,3	0,132154	0,13173	1,003668	8,950187
2,3125	0,130375	0,130679	1,004053	9,03517
2,325	0,129563	0,129631	1,004437	9,12151
2,3375	0,128134	0,128691	1,004781	9,200409
2,35	0,12931	0,127756	1,005123	9,280223
2,3625	0,126778	0,126915	1,005431	9,353199
2,375	0,127059	0,126459	1,005598	9,39328
2,3875	0,125351	0,126359	1,005634	9,402079
2,4	0,125266	0,126767	1,005485	9,366222
2,4125	0,128825	0,128189	1,004965	9,243126
2,425	0,130441	0,130415	1,00415	9,056746
2,4375	0,132759	0,132813	1,003271	8,864215
2,45	0,135385	0,135176	1,002404	8,682359
2,4625	0,136041	0,137227	1,001651	8,530422
2,475	0,139208	0,138383	1,001226	8,447141
2,4875	0,139456	0,138664	1,001123	8,427153
2,5	0,139033	0,13798	1,001374	8,476043
2,5125	0,135581	0,135864	1,002151	8,63078
2,525	0,131865	0,133278	1,0031	8,827861

2,5375	0,131164	0,131555	1,003732	8,96415
2,55	0,130651	0,13085	1,00399	9,02116
2,5625	0,13098	0,130739	1,004031	9,030223
2,575	0,130853	0,130768	1,00402	9,027869
2,5875	0,131063	0,130743	1,004029	9,029922
2,6	0,130628	0,130688	1,00405	9,03439
2,6125	0,129327	0,130651	1,004063	9,037446
2,625	0,131434	0,130641	1,004067	9,038208
2,6375	0,130231	0,130711	1,004041	9,032488
2,65	0,130454	0,130852	1,00399	9,021068
2,6625	0,13179	0,130922	1,003964	9,01537
2,675	0,131129	0,130819	1,004002	9,023718
2,6875	0,131422	0,130412	1,004151	9,057018
2,7	0,129239	0,129905	1,004337	9,098803
2,7125	0,129064	0,129702	1,004411	9,115575
2,725	0,129182	0,129864	1,004351	9,102174
2,7375	0,131279	0,130309	1,004188	9,065427
2,75	0,131447	0,130749	1,004027	9,029439
2,7625	0,130866	0,130943	1,003956	9,01362
2,775	0,130031	0,130977	1,003944	9,010865
2,7875	0,131496	0,131	1,003935	9,00898
2,8	0,131	0,131163	1,003876	8,995832
2,8125	0,131584	0,131557	1,003731	8,964056
2,825	0,131744	0,132153	1,003513	8,916414
2,8375	0,133688	0,132798	1,003276	8,865397
2,85	0,133748	0,133343	1,003076	8,822757
2,8625	0,131843	0,133719	1,002938	8,793599
2,875	0,133665	0,133906	1,00287	8,7792
2,8875	0,135514	0,133961	1,00285	8,774964
2,9	0,133054	0,133814	1,002903	8,786227
2,9125	0,135901	0,133186	1,003134	8,835006
2,925	0,131867	0,132034	1,003556	8,925891
2,9375	0,130847	0,130768	1,00402	9,027845
2,95	0,129012	0,129861	1,004353	9,102441
2,9625	0,129478	0,129452	1,004502	9,136456
2,975	0,128849	0,129415	1,004516	9,139482
2,9875	0,130152	0,129556	1,004464	9,127765
3	0,129262	0,129647	1,004431	9,120179
3,0125	0,130156	0,12935	1,00454	9,144979
3,025	0,129251	0,128289	1,004928	9,23454
3,0375	0,126013	0,126538	1,005569	9,386279
3,05	0,123391	0,124702	1,00624	9,550913
3,0625	0,123598	0,123217	1,006783	9,688288
3,075	0,122177	0,122022	1,00722	9,801792
3,0875	0,120984	0,120925	1,00762	9,908345
3,1	0,1203	0,119938	1,007981	10,0062
3,1125	0,11878	0,11931	1,00821	10,06948
3,125	0,11864	0,119129	1,008276	10,08788
3,1375	0,120972	0,119157	1,008265	10,08497
3,15	0,119132	0,11937	1,008188	10,06343
3,1625	0,119349	0,119949	1,007976	10,00509
3,175	0,121994	0,120844	1,00765	9,916312

3,1875	0,121271	0,121822	1,007293	9,821086
3,2	0,123519	0,122677	1,00698	9,73929
3,2125	0,124133	0,123387	1,006721	9,672358
3,225	0,123138	0,124213	1,006419	9,595741
3,2375	0,123525	0,125452	1,005966	9,483
3,25	0,127961	0,127005	1,005398	9,345386
3,2625	0,12984	0,128452	1,004868	9,220666
3,275	0,1292	0,129642	1,004433	9,120607
3,2875	0,128581	0,130835	1,003996	9,022434
3,3	0,13267	0,132296	1,00346	8,905027
3,3125	0,132913	0,133983	1,002842	8,773272
3,325	0,137867	0,135543	1,002269	8,654815
3,3375	0,136657	0,136521	1,00191	8,582151
3,35	0,135949	0,13683	1,001796	8,559416
3,3625	0,136907	0,136675	1,001854	8,570838
3,375	0,136787	0,135821	1,002167	8,633984
3,3875	0,133358	0,133902	1,002871	8,779502
3,4	0,132451	0,131188	1,003867	8,993813
3,4125	0,127029	0,128511	1,004847	9,215691
3,425	0,126158	0,126599	1,005547	9,38098
3,4375	0,125429	0,125613	1,005907	9,468575
3,45	0,125317	0,125142	1,006079	9,510915
3,4625	0,126	0,124586	1,006283	9,561535
3,475	0,123853	0,123712	1,006602	9,642065
3,4875	0,122604	0,122635	1,006996	9,743304
3,5	0,121282	0,121505	1,007408	9,851708
3,5125	0,120955	0,120447	1,007795	9,95547
3,525	0,118164	0,11955	1,008122	10,04518
3,5375	0,11867	0,118853	1,008376	10,11604
3,55	0,11861	0,11824	1,0086	10,17915
3,5625	0,117952	0,117515	1,008864	10,2548
3,575	0,116234	0,116671	1,009172	10,34437
3,5875	0,115736	0,115911	1,009449	10,42636
3,6	0,114758	0,115391	1,009638	10,48313
3,6125	0,115227	0,115108	1,009742	10,51432
3,625	0,115183	0,114913	1,009813	10,536
3,6375	0,11434	0,114572	1,009937	10,57392
3,65	0,114852	0,113957	1,010161	10,64321
3,6625	0,113176	0,113116	1,010467	10,7393
3,675	0,112019	0,112226	1,010791	10,84293
3,6875	0,111507	0,111428	1,011082	10,93759
3,7	0,110152	0,11072	1,011339	11,02291
3,7125	0,11136	0,110143	1,011549	11,0935
3,725	0,109533	0,109832	1,011662	11,13188
3,7375	0,109051	0,109763	1,011687	11,14045
3,75	0,109878	0,109909	1,011634	11,12237
3,7625	0,110191	0,110259	1,011507	11,07925
3,775	0,112096	0,110536	1,011406	11,04538
3,7875	0,110698	0,110605	1,011381	11,03696
3,8	0,110962	0,110382	1,011462	11,06418
3,8125	0,109594	0,109591	1,01175	11,16181
3,825	0,10776	0,108308	1,012216	11,32403

3,8375	0,107211	0,106849	1,012746	11,51424
3,85	0,105391	0,105405	1,01327	11,70893
3,8625	0,104074	0,104146	1,013728	11,88416
3,875	0,102789	0,103233	1,014058	12,01441
3,8875	0,102742	0,102684	1,014258	12,09423
3,9	0,102596	0,102386	1,014366	12,13792
3,9125	0,102905	0,102248	1,014416	12,1583
3,925	0,101512	0,102209	1,01443	12,16407
3,9375	0,101729	0,102371	1,014371	12,14023
3,95	0,102864	0,103021	1,014135	12,04512
3,9625	0,104662	0,104153	1,013725	11,88314
3,975	0,107423	0,105372	1,013282	11,71134
3,9875	0,105599	0,106393	1,012912	11,57505
4	0,106856	0,107245	1,012602	11,46197
4,0125	0,107653	0,108078	1,0123	11,35362
4,025	0,109073	0,108724	1,012065	11,27092
4,0375	0,110352	0,108943	1,011985	11,24315
4,05	0,109204	0,10886	1,012015	11,25362
4,0625	0,10722	0,10843	1,012171	11,30832
4,075	0,107968	0,107581	1,01248	11,41805
4,0875	0,106554	0,106632	1,012825	11,54309
4,1	0,105741	0,105775	1,013136	11,65843
4,1125	0,104932	0,10494	1,013439	11,77306
4,125	0,104469	0,104062	1,013758	11,89599
4,1375	0,102749	0,103171	1,014081	12,02346
4,15	0,102579	0,10239	1,014365	12,13747
4,1625	0,100984	0,101832	1,014567	12,22019
4,175	0,101694	0,101545	1,014671	12,26314
4,1875	0,101643	0,101477	1,014695	12,27344
4,2	0,10012	0,101421	1,014716	12,28181
4,2125	0,102406	0,101184	1,014802	12,31773
4,225	0,101339	0,100722	1,014969	12,38823
4,2375	0,099593	0,100084	1,0152	12,48682
4,25	0,098806	0,09943	1,015437	12,58972
4,2625	0,099768	0,09897	1,015604	12,66303
4,275	0,097531	0,098775	1,015674	12,69432
4,2875	0,098469	0,098755	1,015682	12,69753
4,3	0,099442	0,09877	1,015676	12,69523
4,3125	0,098803	0,098717	1,015695	12,70376
4,325	0,098821	0,098558	1,015753	12,72947
4,3375	0,098016	0,098289	1,015851	12,77325
4,35	0,097398	0,097947	1,015974	12,82917
4,3625	0,09884	0,097675	1,016073	12,87422
4,375	0,097448	0,097577	1,016108	12,8905
4,3875	0,096818	0,097571	1,01611	12,89136
4,4	0,098455	0,097669	1,016075	12,87522
4,4125	0,09698	0,09798	1,015962	12,82376
4,425	0,099498	0,098389	1,015814	12,75685
4,4375	0,098135	0,098696	1,015703	12,70716
4,45	0,09924	0,098836	1,015652	12,68451
4,4625	0,099979	0,098883	1,015635	12,67696
4,475	0,098375	0,099017	1,015587	12,6555

4,4875	0,098541	0,099398	1,015449	12,59484
4,5	0,100479	0,100076	1,015203	12,48818
4,5125	0,1021	0,100897	1,014905	12,36134
4,525	0,100893	0,101556	1,014667	12,26144
4,5375	0,101973	0,101898	1,014543	12,21038
4,55	0,103043	0,10199	1,014509	12,19662
4,5625	0,101057	0,101975	1,014515	12,19883
4,575	0,102086	0,101932	1,01453	12,20518
4,5875	0,102995	0,10187	1,014553	12,21451
4,6	0,101363	0,101793	1,014581	12,22606
4,6125	0,101713	0,101702	1,014614	12,23964
4,625	0,100686	0,101578	1,014659	12,2582
4,6375	0,10335	0,101353	1,01474	12,29208
4,65	0,101739	0,10101	1,014865	12,34418
4,6625	0,100341	0,10073	1,014966	12,38702
4,675	0,100223	0,100642	1,014998	12,4005
4,6875	0,100201	0,100909	1,014901	12,35958
4,7	0,104226	0,101763	1,014592	12,23041
4,7125	0,102304	0,102722	1,014244	12,08863
4,725	0,103264	0,103145	1,014091	12,02721
4,7375	0,104755	0,103164	1,014084	12,02442
4,75	0,103151	0,102965	1,014156	12,05321
4,7625	0,10223	0,102578	1,014296	12,10971
4,775	0,101639	0,102211	1,014429	12,16386
4,7875	0,102076	0,101943	1,014527	12,20365
4,8	0,102171	0,101687	1,014619	12,24191
4,8125	0,100664	0,101357	1,014739	12,29157
4,825	0,101107	0,100865	1,014917	12,36623
4,8375	0,100857	0,100131	1,015183	12,47963
4,85	0,098919	0,09912	1,015549	12,63902
4,8625	0,09794	0,097954	1,015972	12,82812
4,875	0,096781	0,096834	1,016377	13,01507
4,8875	0,095729	0,095824	1,016743	13,18847
4,9	0,095427	0,094847	1,017096	13,36055
4,9125	0,093909	0,093866	1,017451	13,53811
4,925	0,09293	0,092961	1,017778	13,70598
4,9375	0,09209	0,092236	1,01804	13,84351
4,95	0,091638	0,091694	1,018236	13,94815
4,9625	0,092648	0,091311	1,018374	14,02307
4,975	0,090644	0,091116	1,018444	14,06154
4,9875	0,089634	0,091089	1,018454	14,06693
5	0,091891	0,09113	1,018439	14,05874
5,0125	0,092205	0,091175	1,018423	14,04984
5,025	0,089526	0,091222	1,018406	14,04059
5,0375	0,092007	0,091301	1,018378	14,02513
5,05	0,090199	0,091448	1,018324	13,99619
5,0625	0,091115	0,091679	1,018241	13,95109
5,075	0,093154	0,091892	1,018164	13,90967
5,0875	0,092155	0,091973	1,018135	13,89404
5,1	0,09255	0,091967	1,018137	13,89527
5,1125	0,091127	0,091922	1,018153	13,90399
5,125	0,091355	0,091842	1,018182	13,91936

5,1375	0,092774	0,091754	1,018214	13,9365
5,15	0,091964	0,091636	1,018256	13,95938
5,1625	0,091095	0,091447	1,018325	13,99641
5,175	0,091854	0,091218	1,018407	14,0413
5,1875	0,090695	0,091054	1,018467	14,07375
5,2	0,091142	0,090997	1,018487	14,08502
5,2125	0,090349	0,090996	1,018488	14,08529
5,225	0,09151	0,090991	1,018489	14,08627
5,2375	0,092687	0,090939	1,018508	14,09652
5,25	0,090014	0,090842	1,018543	14,1159
5,2625	0,090238	0,090763	1,018572	14,13168
5,275	0,093478	0,090747	1,018578	14,13494
5,2875	0,090501	0,090895	1,018524	14,10534
5,3	0,091076	0,09143	1,018331	13,99968
5,3125	0,092064	0,092392	1,017983	13,81371
5,325	0,093683	0,093253	1,017672	13,65136
5,3375	0,09441	0,093547	1,017566	13,59667
5,35	0,094528	0,09349	1,017587	13,60728
5,3625	0,091882	0,093234	1,017679	13,65489
5,375	0,092586	0,092858	1,017815	13,72533
5,3875	0,092401	0,092646	1,017892	13,76546
5,4	0,092619	0,09262	1,017901	13,77037
5,4125	0,095303	0,092649	1,01789	13,76475
5,425	0,0927	0,092682	1,017879	13,7585
5,4375	0,092822	0,092699	1,017873	13,75539
5,45	0,092573	0,092709	1,017869	13,75343
5,4625	0,092508	0,092725	1,017863	13,75034
5,475	0,092847	0,092739	1,017858	13,74778
5,4875	0,095051	0,09274	1,017858	13,74756
5,5	0,092698	0,092707	1,017869	13,75377
5,5125	0,092752	0,092631	1,017897	13,76822
5,525	0,09213	0,092565	1,017921	13,78067
5,5375	0,092411	0,092546	1,017928	13,78428
5,55	0,092562	0,092562	1,017922	13,78126
5,5625	0,091451	0,092593	1,017911	13,77539
5,575	0,093524	0,092548	1,017927	13,78402
5,5875	0,093144	0,092293	1,018019	13,83267
5,6	0,090842	0,0918	1,018197	13,92752
5,6125	0,090845	0,091205	1,018412	14,04397
5,625	0,091392	0,090671	1,018605	14,15016
5,6375	0,090279	0,090242	1,01876	14,23644
5,65	0,089904	0,089895	1,018885	14,30722
5,6625	0,089571	0,089623	1,018984	14,36314
5,675	0,089197	0,089431	1,019053	14,40288
5,6875	0,089606	0,089316	1,019094	14,42678
5,7	0,089206	0,089267	1,019112	14,43693
5,7125	0,089325	0,089258	1,019115	14,43873
5,725	0,0892	0,089254	1,019117	14,43961
5,7375	0,089328	0,089225	1,019127	14,4457
5,75	0,088654	0,089156	1,019152	14,46016
5,7625	0,091809	0,089074	1,019181	14,47718
5,775	0,089028	0,089031	1,019197	14,48633

5,7875	0,088555	0,089024	1,019199	14,48762
5,8	0,089004	0,089039	1,019194	14,48457
5,812501	0,089728	0,08908	1,019179	14,47599
5,825001	0,089146	0,089133	1,01916	14,46487
5,837501	0,088867	0,089166	1,019148	14,45796
5,85	0,091	0,08917	1,019147	14,45712
5,8625	0,088949	0,089116	1,019166	14,46833
5,875001	0,088769	0,088973	1,019218	14,49841
5,887501	0,089678	0,088802	1,01928	14,53454
5,900001	0,088667	0,088678	1,019324	14,56071
5,9125	0,087379	0,088609	1,019349	14,57533
5,925	0,088724	0,088578	1,01936	14,58191
5,937501	0,088484	0,088563	1,019366	14,58511
5,950001	0,090391	0,088546	1,019372	14,58884
5,962501	0,087453	0,088526	1,019379	14,59289
5,975	0,088241	0,088515	1,019383	14,59541
5,9875	0,090139	0,088509	1,019385	14,59658
6,000001	0,087436	0,088501	1,019388	14,59836
6,012501	0,088483	0,088494	1,019391	14,59976
6,025001	0,089252	0,088555	1,019369	14,58686
6,0375	0,08829	0,088792	1,019283	14,53648
6,05	0,088984	0,089283	1,019106	14,43352
6,062501	0,090776	0,090014	1,018842	14,28294
6,075001	0,090275	0,090821	1,018551	14,12009
6,087501	0,092109	0,091492	1,018308	13,98752
6,1	0,092086	0,091964	1,018138	13,89579
6,1125	0,091728	0,09232	1,018009	13,82746
6,125001	0,091137	0,092647	1,017891	13,76513
6,137501	0,093944	0,09289	1,017803	13,71929
6,150001	0,094347	0,092969	1,017775	13,7044
6,1625	0,091612	0,092935	1,017787	13,71093
6,175	0,092505	0,092831	1,017825	13,73046
6,187501	0,09245	0,092696	1,017874	13,75591
6,200001	0,094552	0,092536	1,017931	13,78617
6,212501	0,091636	0,092271	1,018027	13,83678
6,225	0,092603	0,091885	1,018167	13,91117
6,2375	0,091244	0,091495	1,018308	13,98705
6,250001	0,091175	0,091215	1,018409	14,04195
6,262501	0,091055	0,091027	1,018477	14,07923
6,275001	0,090795	0,090797	1,018559	14,12482
6,2875	0,091037	0,090411	1,018699	14,20228
6,3	0,089909	0,089866	1,018896	14,31317
6,312501	0,089097	0,089271	1,01911	14,43601
6,325001	0,088708	0,088738	1,019303	14,54807
6,337501	0,088277	0,08825	1,019479	14,6521
6,35	0,088389	0,087723	1,019669	14,76594
6,3625	0,08708	0,087139	1,01988	14,89444
6,375001	0,086493	0,086543	1,020095	15,02785
6,387501	0,085239	0,085979	1,020298	15,15623
6,400001	0,086902	0,085489	1,020474	15,26966
6,4125	0,084886	0,08512	1,020607	15,35621
6,425	0,085035	0,084873	1,020697	15,4148

6,437501	0,084887	0,084696	1,02076	15,45692
6,450001	0,084294	0,084577	1,020803	15,4853
6,462501	0,08447	0,084534	1,020819	15,49573
6,475	0,084395	0,084533	1,020819	15,49584
6,4875	0,084793	0,084588	1,020799	15,48281
6,500001	0,084327	0,084704	1,020757	15,45501
6,512501	0,085012	0,084785	1,020728	15,43574
6,525001	0,085403	0,084801	1,020723	15,43191
6,5375	0,084494	0,08476	1,020737	15,44168
6,55	0,084183	0,084636	1,020782	15,47121
6,562501	0,085987	0,084471	1,020841	15,5109
6,575001	0,083599	0,084295	1,020905	15,55323
6,587501	0,084406	0,084073	1,020985	15,60714
6,6	0,084583	0,083768	1,021095	15,68195
6,6125	0,083116	0,083413	1,021222	15,76958
6,625001	0,082781	0,083091	1,021339	15,85024
6,637501	0,08302	0,082805	1,021441	15,92223
6,650001	0,083109	0,082495	1,021553	16,00123
6,6625	0,081976	0,082154	1,021676	16,08912
6,675	0,081769	0,081851	1,021785	16,16795
6,687501	0,081699	0,081628	1,021865	16,22644
6,700001	0,08195	0,081477	1,02192	16,26626
6,712501	0,081192	0,081399	1,021948	16,28694
6,725	0,080902	0,081381	1,021954	16,29169
6,7375	0,081874	0,081433	1,021935	16,27781
6,750001	0,080589	0,081557	1,021891	16,24498
6,762501	0,08275	0,081654	1,021856	16,21965
6,775001	0,081276	0,081625	1,021866	16,22715
6,7875	0,08236	0,081354	1,021964	16,29878
6,8	0,079819	0,080821	1,022156	16,44176
6,812501	0,080524	0,080286	1,022348	16,58772
6,825001	0,079742	0,079949	1,022469	16,68091
6,837501	0,079774	0,079749	1,022541	16,73673
6,85	0,08014	0,079622	1,022587	16,77244
6,8625	0,079314	0,079577	1,022603	16,78492
6,875001	0,079156	0,079578	1,022603	16,78472
6,887501	0,080232	0,079639	1,022581	16,7675
6,900001	0,079361	0,079807	1,02252	16,72054
6,9125	0,080817	0,079996	1,022452	16,66781
6,925	0,079324	0,080121	1,022408	16,6332
6,937501	0,081507	0,080179	1,022386	16,61705
6,950001	0,080183	0,0802	1,022379	16,61116
6,962501	0,078729	0,080224	1,02237	16,60464
6,975	0,081094	0,080262	1,022357	16,59425
6,9875	0,078607	0,080292	1,022346	16,58605
7,000001	0,081326	0,080299	1,022343	16,58409
7,012501	0,080279	0,080283	1,022349	16,58838
7,025001	0,080482	0,080261	1,022357	16,59445
7,0375	0,079674	0,080323	1,022335	16,57734
7,05	0,079862	0,080596	1,022237	16,50277
7,062501	0,082077	0,081037	1,022078	16,38348
7,075001	0,081586	0,08144	1,021933	16,27602

7,087501	0,083677	0,081706	1,021837	16,20575
7,1	0,080912	0,081905	1,021766	16,15386
7,1125	0,080756	0,082116	1,021689	16,09882
7,125001	0,083827	0,08235	1,021605	16,0385
7,137501	0,083066	0,08256	1,02153	15,98461
7,150001	0,08239	0,08274	1,021465	15,93883
7,1625	0,082158	0,082965	1,021384	15,88173
7,175	0,084543	0,083299	1,021264	15,79805
7,187501	0,083316	0,083708	1,021116	15,69669
7,200001	0,083746	0,084154	1,020956	15,5875
7,212501	0,086824	0,084639	1,020781	15,47042
7,225	0,08402	0,085094	1,020617	15,36238
7,2375	0,085832	0,08537	1,020517	15,29759
7,250001	0,085527	0,085444	1,020491	15,2803
7,262501	0,084838	0,085418	1,0205	15,28626
7,275001	0,085622	0,085284	1,020548	15,31765
7,2875	0,087752	0,084996	1,020652	15,38567
7,3	0,083928	0,084663	1,020772	15,46469
7,312501	0,084239	0,084456	1,020847	15,51447
7,325001	0,084367	0,084401	1,020867	15,5278
7,337501	0,084292	0,084408	1,020864	15,52608
7,35	0,084675	0,08445	1,020849	15,516
7,3625	0,085386	0,08455	1,020813	15,49177
7,375001	0,083729	0,084719	1,020752	15,45145
7,387501	0,08454	0,084987	1,020656	15,38777
7,400001	0,086799	0,085332	1,020531	15,30644
7,4125	0,085132	0,08559	1,020438	15,2463
7,425	0,086185	0,085668	1,02041	15,2282
7,437501	0,085651	0,085538	1,020457	15,25837
7,450001	0,085394	0,085136	1,020602	15,35246
7,462501	0,08397	0,084636	1,020782	15,47127
7,475	0,083565	0,084282	1,020909	15,5564
7,4875	0,086038	0,084111	1,020971	15,59783
7,500001	0,084417	0,084001	1,021011	15,62472
7,512501	0,082942	0,083752	1,0211	15,68573
7,525001	0,084353	0,083277	1,021272	15,80358
7,5375	0,082824	0,082699	1,02148	15,94929
7,55	0,081774	0,08221	1,021656	16,07462
7,562501	0,08175	0,081871	1,021778	16,16268
7,575001	0,082429	0,081631	1,021864	16,2257
7,587501	0,08099	0,081438	1,021934	16,27656
7,6	0,081705	0,081265	1,021996	16,32251
7,6125	0,080528	0,081076	1,022064	16,37292
7,625001	0,08271	0,080822	1,022155	16,44147
7,637501	0,079651	0,080492	1,022274	16,53104
7,650001	0,081103	0,080157	1,022394	16,62318
7,6625	0,079294	0,079882	1,022494	16,69962
7,675	0,079503	0,079646	1,022578	16,76549
7,687501	0,081992	0,079421	1,022659	16,82897
7,700001	0,079104	0,079241	1,022724	16,88032
7,712501	0,079257	0,079147	1,022758	16,90714
7,725	0,07901	0,079126	1,022765	16,91296

7,7375	0,080451	0,079141	1,02276	16,90861
7,750001	0,07816	0,079184	1,022744	16,89641
7,762501	0,079251	0,079238	1,022725	16,88093
7,775001	0,079299	0,079274	1,022712	16,87071
7,7875	0,079264	0,079268	1,022714	16,87263
7,8	0,077885	0,07916	1,022753	16,90332
7,812501	0,079285	0,078895	1,022848	16,97946
7,825001	0,079258	0,078455	1,023007	17,10718
7,837501	0,076374	0,077896	1,023207	17,27229
7,85	0,077657	0,077368	1,023397	17,43139
7,8625	0,076955	0,076963	1,023543	17,55518
7,875001	0,07678	0,07661	1,02367	17,66483
7,887501	0,075171	0,076242	1,023802	17,78029
7,900001	0,076901	0,075958	1,023904	17,87059
7,9125	0,075053	0,075846	1,023944	17,90652
7,925	0,075862	0,075847	1,023944	17,9061
7,937501	0,075945	0,07587	1,023935	17,89858
7,950001	0,076341	0,075874	1,023934	17,89734
7,962501	0,074897	0,075836	1,023948	17,90969
7,975	0,075761	0,075767	1,023972	17,93168
7,9875	0,076043	0,075725	1,023987	17,94513
8,000001	0,075002	0,075719	1,02399	17,94731
8,012501	0,075596	0,075767	1,023972	17,93179
8,025001	0,076245	0,075886	1,02393	17,89356
8,0375	0,075781	0,07598	1,023896	17,86364
8,05	0,076714	0,076002	1,023888	17,8564
8,062501	0,07515	0,075909	1,023921	17,88622
8,075001	0,076784	0,075622	1,024024	17,97846
8,087501	0,074682	0,075242	1,024161	18,10217
8,1	0,074614	0,074902	1,024283	18,2144
8,1125	0,076384	0,074662	1,024369	18,29417
8,125001	0,074522	0,074558	1,024406	18,32902
8,137501	0,074495	0,074549	1,02441	18,33216
8,150001	0,074064	0,074581	1,024398	18,32145
8,1625	0,07516	0,074629	1,024381	18,30533
8,175	0,0753	0,074688	1,02436	18,28565
8,187501	0,074184	0,074801	1,024319	18,24779
8,200001	0,074191	0,075026	1,024239	18,17332
8,212501	0,076348	0,075258	1,024155	18,09705
8,225	0,075401	0,075345	1,024124	18,06855
8,2375	0,076433	0,07525	1,024158	18,09967
8,250001	0,074738	0,07495	1,024266	18,19829
8,262501	0,074416	0,074562	1,024405	18,32789
8,275001	0,074494	0,074235	1,024522	18,43821
8,2875	0,073925	0,07395	1,024625	18,53565
8,3	0,073208	0,073666	1,024727	18,63363
8,312501	0,074807	0,07343	1,024812	18,71625
8,325001	0,072902	0,073298	1,024859	18,76241
8,337501	0,073217	0,073258	1,024873	18,7765
8,35	0,073914	0,073245	1,024878	18,78095
8,3625	0,07283	0,073216	1,024888	18,79126
8,375001	0,072648	0,073149	1,024912	18,81518

8,387501	0,074233	0,073003	1,024965	18,86689
8,400001	0,073443	0,072765	1,02505	18,95206
8,4125	0,071684	0,072513	1,02514	19,04287
8,425	0,071597	0,072354	1,025197	19,10071
8,437501	0,072292	0,072285	1,025222	19,12576
8,450001	0,072936	0,072177	1,025261	19,16535
8,462501	0,073625	0,071886	1,025365	19,27305
8,475	0,071092	0,071482	1,02551	19,4242
8,4875	0,070748	0,071222	1,025603	19,52269
8,500001	0,070617	0,071163	1,025625	19,54528
8,512501	0,072964	0,071248	1,025594	19,51301
8,525001	0,071703	0,07141	1,025536	19,45145
8,5375	0,070751	0,07149	1,025507	19,42108
8,55	0,073028	0,071456	1,02552	19,4342
8,562501	0,071428	0,071293	1,025578	19,49594
8,575001	0,070925	0,070987	1,025688	19,61278
8,587501	0,070399	0,07068	1,025798	19,73152
8,6	0,070508	0,070503	1,025861	19,801
8,6125	0,07036	0,070452	1,02588	19,82093
8,625001	0,070475	0,070457	1,025878	19,81882
8,637501	0,071192	0,070485	1,025868	19,80801
8,650001	0,070046	0,070538	1,025849	19,78695
8,6625	0,070786	0,070606	1,025825	19,76068
8,675	0,070252	0,070655	1,025807	19,74148
8,687501	0,070807	0,07067	1,025801	19,73537
8,700001	0,07084	0,070645	1,02581	19,74534
8,712501	0,06961	0,070543	1,025847	19,78525
8,725	0,070996	0,070385	1,025904	19,84736
8,7375	0,07005	0,070263	1,025947	19,8953
8,750001	0,069396	0,070219	1,025963	19,9129
8,762501	0,071686	0,07022	1,025963	19,91239
8,775001	0,06995	0,070203	1,025969	19,91908
8,7875	0,070605	0,070098	1,026007	19,96103
8,8	0,069755	0,069862	1,026091	20,05539
8,812501	0,069805	0,069523	1,026212	20,19251
8,825001	0,069002	0,069192	1,026331	20,3287
8,837501	0,068804	0,068966	1,026412	20,42229
8,85	0,068958	0,06885	1,026454	20,47071
8,8625	0,069833	0,068773	1,026481	20,50301
8,875001	0,068403	0,068659	1,026522	20,55101
8,887501	0,069184	0,068535	1,026567	20,60363
8,900001	0,068131	0,06848	1,026586	20,62691
8,9125	0,068312	0,068494	1,026581	20,6209
8,925	0,068292	0,068616	1,026537	20,56928
8,937501	0,069262	0,068869	1,026447	20,46267
8,950001	0,070061	0,069114	1,026359	20,36089
8,962501	0,068917	0,069245	1,026312	20,30678
8,975	0,068559	0,069287	1,026297	20,2892
8,9875	0,069532	0,069246	1,026312	20,30629
9,000001	0,069718	0,069007	1,026397	20,40506
9,012501	0,068609	0,068475	1,026588	20,62927
9,025001	0,067116	0,067809	1,026827	20,91656

9,0375	0,067152	0,06731	1,027005	21,13702
9,05	0,066948	0,067081	1,027087	21,24018
9,062501	0,066455	0,066986	1,027121	21,28271
9,075001	0,06716	0,066849	1,027171	21,34539
9,087501	0,068266	0,066594	1,027262	21,46203
9,1	0,065872	0,066245	1,027387	21,62417
9,1125	0,065785	0,065917	1,027504	21,77822
9,125001	0,066161	0,065752	1,027563	21,85692
9,137501	0,065604	0,065722	1,027574	21,87119
9,150001	0,065576	0,06582	1,027539	21,82471
9,1625	0,064987	0,06601	1,027471	21,73435
9,175	0,067389	0,066107	1,027436	21,68875
9,187501	0,0677	0,066058	1,027454	21,71184
9,200001	0,065578	0,06578	1,027553	21,84348
9,212501	0,065109	0,065354	1,027706	22,04896
9,225	0,065044	0,06513	1,027785	22,15806
9,2375	0,064658	0,065107	1,027794	22,16963
9,250001	0,065791	0,065299	1,027725	22,07558
9,262501	0,064479	0,065817	1,02754	21,82602
9,275001	0,066874	0,066276	1,027375	21,60933
9,2875	0,066565	0,06641	1,027328	21,5471
9,3	0,066709	0,066271	1,027377	21,61203
9,312501	0,065541	0,06587	1,027521	21,80086
9,325001	0,065244	0,065424	1,027681	22,01502
9,337501	0,065097	0,065143	1,027781	22,15192
9,35	0,065055	0,064979	1,02784	22,23255
9,3625	0,063868	0,064835	1,027891	22,30379
9,375001	0,066262	0,064686	1,027945	22,37856
9,387501	0,064591	0,064558	1,02799	22,44277
9,400001	0,064277	0,064464	1,028024	22,48987
9,4125	0,064615	0,064385	1,028052	22,53014
9,425	0,064067	0,064303	1,028081	22,57182
9,437501	0,064582	0,064231	1,028107	22,60871
9,450001	0,06397	0,064189	1,028122	22,62988
9,462501	0,064294	0,064183	1,028124	22,63301
9,475	0,063532	0,064193	1,028121	22,62819
9,4875	0,065914	0,064179	1,028126	22,6354
9,500001	0,064455	0,0641	1,028154	22,67582
9,512501	0,063323	0,063939	1,028212	22,75875
9,525001	0,063934	0,063745	1,028281	22,85962
9,5375	0,0634	0,063599	1,028333	22,93644
9,55	0,0636	0,063521	1,028361	22,97748
9,562501	0,063664	0,063487	1,028373	22,99514
9,575001	0,063434	0,063478	1,028377	23,00023
9,587501	0,063358	0,063516	1,028363	22,98009
9,6	0,063521	0,063678	1,028305	22,89467
9,6125	0,064196	0,063962	1,028203	22,74667
9,625001	0,06413	0,0642	1,028118	22,62445
9,637501	0,064353	0,064277	1,028091	22,5853
9,650001	0,064366	0,064203	1,028117	22,62308
9,6625	0,063121	0,063908	1,028223	22,77476
9,675	0,064413	0,063481	1,028375	22,99862

9,687501	0,063082	0,063214	1,028471	23,14086
9,700001	0,0629	0,063153	1,028493	23,17323
9,712501	0,062848	0,063309	1,028437	23,0901
9,725	0,063872	0,063766	1,028274	22,84877
9,7375	0,064723	0,064226	1,028109	22,61116
9,750001	0,064528	0,064395	1,028049	22,52513
9,762501	0,065097	0,06439	1,02805	22,52745
9,775001	0,062773	0,064285	1,028088	22,58089
9,7875	0,063663	0,064055	1,02817	22,69894
9,8	0,065016	0,063794	1,028264	22,83438
9,812501	0,06241	0,063582	1,028339	22,94504
9,825001	0,064577	0,063439	1,028391	23,02088
9,837501	0,063152	0,063375	1,028413	23,05464
9,85	0,062482	0,063367	1,028416	23,05911
9,8625	0,06504	0,063355	1,028421	23,06561
9,875001	0,062939	0,063289	1,028444	23,10039
9,887501	0,063214	0,063148	1,028495	23,17622
9,900001	0,065162	0,062996	1,028549	23,25806
9,9125	0,062826	0,062927	1,028573	23,29532
9,925	0,062869	0,062934	1,028571	23,29178
9,937501	0,062875	0,06306	1,028526	23,22367
9,950001	0,063307	0,06338	1,028411	23,05194
9,962501	0,064295	0,063723	1,028289	22,87133
9,975	0,063862	0,063877	1,028234	22,79093
9,9875	0,065764	0,063886	1,02823	22,78612
10	0,063231	0,063815	1,028256	22,8231
10,0125	0,063515	0,063676	1,028306	22,89579
10,025	0,064079	0,063558	1,028348	22,95796
10,0375	0,063353	0,063512	1,028364	22,98205
10,05	0,063312	0,063505	1,028367	22,98605
10,0625	0,063963	0,063533	1,028357	22,97093
10,075	0,063487	0,063655	1,028313	22,90702
10,0875	0,06346	0,063885	1,028231	22,78661
10,1	0,065985	0,064147	1,028137	22,65154
10,1125	0,064545	0,06434	1,028068	22,55318
10,125	0,064225	0,064431	1,028036	22,50697
10,1375	0,064362	0,064463	1,028024	22,49057
10,15	0,065954	0,064504	1,02801	22,46984
10,1625	0,064545	0,064583	1,027981	22,43014
10,175	0,063262	0,064691	1,027942	22,37562
10,1875	0,064819	0,064794	1,027906	22,32456
10,2	0,065783	0,064845	1,027888	22,29902
10,2125	0,064634	0,064807	1,027901	22,31794
10,225	0,065665	0,064584	1,027981	22,42955
10,2375	0,063964	0,064181	1,028125	22,6343
10,25	0,063803	0,063853	1,028242	22,8036
10,2625	0,063712	0,063751	1,028279	22,85638
10,275	0,064763	0,063762	1,028275	22,85071
10,2875	0,063553	0,063871	1,028236	22,79401
10,3	0,063782	0,064215	1,028113	22,61656
10,3125	0,065697	0,064811	1,0279	22,31591
10,325	0,064565	0,065346	1,027708	22,0525

10,3375	0,066068	0,065533	1,027641	21,96207
10,35	0,065947	0,06544	1,027675	22,00705
10,3625	0,063352	0,064964	1,027845	22,24015
10,375	0,065826	0,064113	1,028149	22,66882
10,3875	0,0628	0,063469	1,02838	23,00468
10,4	0,062579	0,063292	1,028443	23,09871
10,4125	0,064258	0,063348	1,028423	23,06912
10,425	0,063655	0,063486	1,028374	22,99603
10,4375	0,062391	0,063595	1,028335	22,93859
10,45	0,065027	0,063621	1,028325	22,92456
10,4625	0,062926	0,063583	1,028339	22,94487
10,475	0,065	0,063505	1,028367	22,98561
10,4875	0,062422	0,063466	1,028381	23,0066
10,5	0,063026	0,063478	1,028376	23,00012
10,5125	0,063277	0,063506	1,028367	22,98549
10,525	0,064731	0,063487	1,028373	22,99535
10,5375	0,064618	0,063328	1,02843	23,07954
10,55	0,061986	0,063053	1,028529	23,22736
10,5625	0,061979	0,062828	1,028609	23,34944
10,575	0,062955	0,062735	1,028642	23,4002
10,5875	0,063282	0,062716	1,028649	23,41019
10,6	0,062681	0,062716	1,028649	23,41027
10,6125	0,062668	0,062716	1,028649	23,41017
10,625	0,06287	0,062715	1,028649	23,41106
10,6375	0,062094	0,062724	1,028646	23,40604
10,65	0,064371	0,062784	1,028625	23,37341
10,6625	0,061976	0,062928	1,028573	23,29457
10,675	0,063426	0,063131	1,028501	23,18537
10,6875	0,064322	0,063311	1,028436	23,08893
10,7	0,06157	0,06342	1,028397	23,03097
10,7125	0,062731	0,063463	1,028382	23,00811
10,725	0,064223	0,063452	1,028386	23,01372
10,7375	0,064086	0,063318	1,028434	23,08489
10,75	0,062754	0,062976	1,028556	23,26857
10,7625	0,062252	0,062532	1,028715	23,51164
10,775	0,062301	0,062187	1,028838	23,70416
10,7875	0,062353	0,062019	1,028898	23,79873
10,8	0,061754	0,061985	1,02891	23,818
10,8125	0,061227	0,062026	1,028895	23,79464
10,825	0,061493	0,062091	1,028872	23,75804
10,8375	0,06377	0,06212	1,028862	23,74144
10,85	0,063677	0,06206	1,028884	23,77581
10,8625	0,061222	0,061841	1,028962	23,90013
10,875	0,061455	0,061586	1,029053	24,04665
10,8875	0,061116	0,061489	1,029088	24,10289
10,9	0,061337	0,06166	1,029026	24,00364
10,9125	0,063288	0,062176	1,028842	23,71039
10,925	0,062356	0,062691	1,028658	23,42387
10,9375	0,063372	0,062864	1,028596	23,32977
10,95	0,063085	0,062781	1,028626	23,37506
10,9625	0,061941	0,062414	1,028757	23,57713
10,975	0,062227	0,061785	1,028982	23,9322

10,9875	0,061172	0,061294	1,029157	24,21661
11	0,060928	0,061149	1,029209	24,30199
11,0125	0,060953	0,061199	1,029191	24,27269
11,025	0,062759	0,061314	1,02915	24,20506
11,0375	0,061038	0,061395	1,029121	24,15759
11,05	0,063105	0,061409	1,029116	24,14906
11,0625	0,060872	0,061346	1,029139	24,18637
11,075	0,060979	0,061155	1,029207	24,29853
11,0875	0,061724	0,060894	1,0293	24,45347
11,1	0,060784	0,060654	1,029386	24,59801
11,1125	0,060289	0,060505	1,029439	24,68857
11,125	0,060068	0,060463	1,029454	24,71389
11,1375	0,061239	0,060499	1,029441	24,69182
11,15	0,059971	0,060623	1,029397	24,6164
11,1625	0,062178	0,060808	1,029331	24,50508
11,175	0,059528	0,060956	1,029278	24,41619
11,1875	0,061641	0,061016	1,029257	24,38102
11,2	0,06115	0,060969	1,029273	24,40895
11,2125	0,060686	0,060729	1,029359	24,55236
11,225	0,058976	0,060295	1,029514	24,81707
11,2375	0,060783	0,05987	1,029666	25,08174
11,25	0,058767	0,059622	1,029755	25,23869
11,2625	0,059491	0,059537	1,029785	25,29296
11,275	0,060423	0,059508	1,029795	25,31156
11,2875	0,058263	0,059446	1,029817	25,35095
11,3	0,059326	0,059339	1,029855	25,41994
11,3125	0,06091	0,059225	1,029896	25,49408
11,325	0,059172	0,059143	1,029925	25,54721
11,3375	0,058824	0,059107	1,029938	25,57086
11,35	0,0583	0,059099	1,029941	25,57585
11,3625	0,06008	0,059087	1,029945	25,58405
11,375	0,059529	0,059018	1,02997	25,62937
11,3875	0,058737	0,058883	1,030018	25,71806
11,4	0,058533	0,058774	1,030057	25,79078
11,4125	0,058868	0,058742	1,030069	25,81197
11,425	0,057966	0,058919	1,030005	25,69421
11,4375	0,058867	0,059439	1,02982	25,3556
11,45	0,060836	0,059946	1,029639	25,03392
11,4625	0,06062	0,06011	1,02958	24,93119
11,475	0,060901	0,059869	1,029666	25,08203
11,4875	0,058183	0,05919	1,029909	25,51669
11,5	0,058196	0,058489	1,030159	25,98134
11,5125	0,057954	0,05816	1,030276	26,20548
11,525	0,06082	0,058098	1,030298	26,24802
11,5375	0,05819	0,058156	1,030278	26,20793
11,55	0,058201	0,058345	1,03021	26,07921
11,5625	0,058059	0,058619	1,030112	25,89382
11,575	0,059652	0,05883	1,030037	25,75317
11,5875	0,060628	0,058902	1,030011	25,7056
11,6	0,058402	0,058911	1,030008	25,69968
11,6125	0,058605	0,059039	1,029962	25,6152
11,625	0,058275	0,059473	1,029808	25,33379

11,6375	0,06064	0,060093	1,029586	24,94231
11,65	0,061016	0,060489	1,029445	24,69778
11,6625	0,060868	0,06058	1,029412	24,64259
11,675	0,05974	0,060361	1,02949	24,77619
11,6875	0,061328	0,059767	1,029703	25,14672
11,7	0,058858	0,059234	1,029893	25,48835
11,7125	0,058857	0,059077	1,029949	25,59082
11,725	0,059023	0,059127	1,029931	25,55765
11,7375	0,062141	0,059285	1,029875	25,45477
11,75	0,059681	0,059475	1,029807	25,33242
11,7625	0,059194	0,059593	1,029765	25,25684
11,775	0,059509	0,059639	1,029748	25,22749
11,7875	0,059748	0,05965	1,029745	25,22097
11,8	0,061584	0,05963	1,029751	25,23314
11,8125	0,059525	0,059559	1,029777	25,2789
11,825	0,058852	0,059449	1,029816	25,3495
11,8375	0,059688	0,059356	1,029849	25,40898
11,85	0,058619	0,059306	1,029867	25,44158
11,8625	0,0594	0,059285	1,029875	25,45495
11,875	0,060972	0,05928	1,029876	25,45818
11,8875	0,059145	0,059288	1,029874	25,45299
11,9	0,058026	0,059337	1,029856	25,42153
11,9125	0,06035	0,059423	1,029825	25,36589
11,925	0,058212	0,059482	1,029804	25,32818
11,9375	0,060027	0,059453	1,029815	25,34643
11,95	0,059579	0,059246	1,029889	25,48041
11,9625	0,059086	0,058833	1,030036	25,75117
11,975	0,057408	0,058404	1,030189	26,03877
11,9875	0,057378	0,058144	1,030282	26,21631
12	0,058648	0,058047	1,030317	26,28299
12,0125	0,058317	0,058012	1,030329	26,30735
12,025	0,057951	0,057948	1,030352	26,35162
12,0375	0,057504	0,057816	1,030399	26,44384
12,05	0,0591	0,057631	1,030465	26,57359
12,0625	0,057199	0,057458	1,030527	26,69665
12,075	0,057357	0,057342	1,030568	26,77984
12,0875	0,057422	0,057269	1,030594	26,83231
12,1	0,058968	0,057224	1,03061	26,86412
12,1125	0,0569	0,057211	1,030615	26,87411
12,125	0,056864	0,05725	1,030601	26,84574
12,1375	0,057194	0,057396	1,030549	26,74085
12,15	0,058072	0,057609	1,030473	26,58942
12,1625	0,058555	0,057754	1,030421	26,48736
12,175	0,057572	0,057793	1,030407	26,46022
12,1875	0,056481	0,057785	1,03041	26,46564
12,2	0,057807	0,057742	1,030425	26,49562
12,2125	0,057387	0,057636	1,030463	26,57042
12,225	0,057953	0,057441	1,030533	26,70902
12,2375	0,058307	0,057133	1,030643	26,93013
12,25	0,055892	0,056779	1,030769	27,1891
12,2625	0,055797	0,056525	1,03086	27,37841
12,275	0,057056	0,056424	1,030896	27,45413

12,2875	0,057621	0,056415	1,030899	27,46132
12,3	0,055751	0,056453	1,030885	27,43267
12,3125	0,056168	0,056518	1,030862	27,38339
12,325	0,056466	0,056565	1,030846	27,34883
12,3375	0,058079	0,056534	1,030856	27,3715
12,35	0,057127	0,056341	1,030925	27,51682
12,3625	0,05515	0,055981	1,031054	27,79212
12,375	0,055078	0,055674	1,031163	28,03175
12,3875	0,055966	0,055575	1,031199	28,10972
12,4	0,055118	0,055614	1,031184	28,07851
12,4125	0,056427	0,055764	1,031131	27,96138
12,425	0,054882	0,055977	1,031055	27,79572
12,4375	0,057134	0,056114	1,031006	27,69035
12,45	0,056202	0,056147	1,030995	27,66477
12,4625	0,056027	0,05613	1,031001	27,67818
12,475	0,054512	0,056064	1,031024	27,72839
12,4875	0,056262	0,055937	1,031069	27,82634
12,5	0,056952	0,055722	1,031146	27,99407
12,5125	0,054741	0,055392	1,031264	28,25477
12,525	0,055669	0,055058	1,031383	28,52404
12,5375	0,054606	0,054882	1,031445	28,66782
12,55	0,054481	0,054859	1,031454	28,68678
12,5625	0,054705	0,054922	1,031431	28,63546
12,575	0,055974	0,055011	1,0314	28,56269
12,5875	0,055677	0,055049	1,031386	28,53133
12,6	0,055059	0,055023	1,031395	28,55261
12,6125	0,054354	0,054955	1,031419	28,60788
12,625	0,054372	0,054894	1,031441	28,65787
12,6375	0,055053	0,054869	1,03145	28,67881
12,65	0,055159	0,054858	1,031454	28,68819
12,6625	0,054982	0,054842	1,03146	28,70135
12,675	0,055731	0,054824	1,031466	28,71617
12,6875	0,054043	0,054816	1,031469	28,7224
12,7	0,054224	0,054825	1,031466	28,71527
12,7125	0,055091	0,054869	1,03145	28,67853
12,725	0,056726	0,054934	1,031427	28,6251
12,7375	0,054991	0,054966	1,031416	28,59919
12,75	0,053841	0,054968	1,031415	28,59726
12,7625	0,054966	0,054938	1,031426	28,62248
12,775	0,056298	0,054855	1,031455	28,69
12,7875	0,054494	0,054775	1,031484	28,75668
12,8	0,053813	0,054734	1,031498	28,79014
12,8125	0,056315	0,05472	1,031503	28,80158
12,825	0,053735	0,054711	1,031507	28,8092
12,8375	0,054993	0,054678	1,031518	28,83673
12,85	0,054529	0,054579	1,031554	28,91906
12,8625	0,0563	0,054373	1,031627	29,09224
12,875	0,053649	0,054102	1,031724	29,3235
12,8875	0,053826	0,053894	1,031798	29,50338
12,9	0,053754	0,053807	1,031829	29,57962
12,9125	0,055981	0,053794	1,031833	29,59075
12,925	0,053831	0,053807	1,031829	29,57948

12,9375	0,053241	0,053823	1,031823	29,56593
12,95	0,055519	0,053831	1,03182	29,55892
12,9625	0,053459	0,053831	1,03182	29,55897
12,975	0,054235	0,05383	1,031821	29,55964
12,9875	0,053459	0,053841	1,031817	29,54979
13	0,053843	0,053873	1,031805	29,52168
13,0125	0,056154	0,053929	1,031785	29,47351
13,025	0,053731	0,054001	1,03176	29,41116
13,0375	0,054138	0,05407	1,031735	29,35137
13,05	0,054666	0,054126	1,031715	29,30288
13,0625	0,053626	0,054196	1,03169	29,24298
13,075	0,053914	0,054272	1,031663	29,17822
13,0875	0,054678	0,054304	1,031652	29,15148
13,1	0,054548	0,054296	1,031654	29,15772
13,1125	0,055416	0,054214	1,031684	29,2277
13,125	0,053531	0,054072	1,031734	29,34967
13,1375	0,053667	0,054005	1,031758	29,40786
13,15	0,053852	0,054114	1,031719	29,31356
13,1625	0,054699	0,054454	1,031598	29,02397
13,175	0,055037	0,054863	1,031452	28,68345
13,1875	0,054921	0,055112	1,031364	28,48024
13,2	0,055517	0,055185	1,031338	28,42119
13,2125	0,055305	0,055168	1,031344	28,43509
13,225	0,053955	0,05515	1,03135	28,44959
13,2375	0,056512	0,05519	1,031336	28,41714
13,25	0,053602	0,055311	1,031293	28,31951
13,2625	0,056426	0,055521	1,031218	28,15222
13,275	0,054887	0,055746	1,031137	27,97479
13,2875	0,056216	0,055869	1,031094	27,87923
13,3	0,055868	0,055892	1,031085	27,86139
13,3125	0,055973	0,055725	1,031145	27,99186
13,325	0,05626	0,05526	1,031311	28,36089
13,3375	0,053954	0,054827	1,031465	28,71374
13,35	0,053241	0,054692	1,031513	28,82496
13,3625	0,054655	0,054732	1,031499	28,7918
13,375	0,05623	0,054812	1,031471	28,72569
13,3875	0,055014	0,054848	1,031458	28,69597
13,4	0,055681	0,054663	1,031524	28,84958
13,4125	0,053918	0,05418	1,031696	29,25693
13,425	0,05332	0,053756	1,031847	29,62462
13,4375	0,053364	0,053632	1,031891	29,73319
13,45	0,054252	0,05369	1,031871	29,6827
13,4625	0,053443	0,053804	1,03183	29,58222
13,475	0,055531	0,053861	1,031809	29,53223
13,4875	0,054328	0,053823	1,031823	29,56538
13,5	0,053125	0,053702	1,031866	29,67184
13,5125	0,053353	0,053567	1,031914	29,7914
13,525	0,053439	0,053508	1,031935	29,84322
13,5375	0,052935	0,053507	1,031936	29,84488
13,55	0,05521	0,053531	1,031927	29,82333
13,5625	0,053874	0,053576	1,031911	29,7828
13,575	0,053023	0,053618	1,031896	29,74597

13,5875	0,054047	0,053639	1,031889	29,7277
13,6	0,053262	0,053644	1,031887	29,72319
13,6125	0,054023	0,053643	1,031887	29,72378
13,625	0,052897	0,053638	1,031889	29,72789
13,6375	0,05521	0,053631	1,031892	29,73463
13,65	0,054404	0,053627	1,031893	29,73786
13,6625	0,052755	0,053638	1,031889	29,72813
13,675	0,052083	0,053687	1,031872	29,68524
13,6875	0,054128	0,053753	1,031848	29,62716
13,7	0,054074	0,053783	1,031837	29,60056
13,7125	0,05417	0,053737	1,031854	29,64132
13,725	0,052076	0,053556	1,031918	29,80081
13,7375	0,052969	0,053256	1,032025	30,06961
13,75	0,053886	0,052914	1,032147	30,38208
13,7625	0,05276	0,052553	1,032276	30,71929
13,775	0,052089	0,0522	1,032401	31,05617
13,7875	0,051745	0,051932	1,032497	31,31686
13,8	0,051694	0,051795	1,032545	31,45106
13,8125	0,051842	0,051752	1,032561	31,4936
13,825	0,051767	0,051718	1,032573	31,528
13,8375	0,053915	0,05164	1,032601	31,60582
13,85	0,051537	0,051514	1,032645	31,73143
13,8625	0,051305	0,051401	1,032686	31,84613
13,875	0,05131	0,051361	1,0327	31,8871
13,8875	0,051349	0,051365	1,032699	31,88316
13,9	0,051384	0,05142	1,032679	31,82736
13,9125	0,05103	0,051547	1,032634	31,69881
13,925	0,053422	0,051661	1,032593	31,58466
13,9375	0,051999	0,051712	1,032575	31,5339
13,95	0,051793	0,051747	1,032563	31,49924
13,9625	0,051029	0,051863	1,032521	31,38431
13,975	0,051221	0,052136	1,032424	31,11769
13,9875	0,053107	0,052415	1,032325	30,8498
14	0,053187	0,052516	1,032289	30,75425
14,0125	0,052932	0,052285	1,032371	30,97385
14,025	0,05038	0,051592	1,032618	31,65343
14,0375	0,050815	0,050827	1,03289	32,43954
14,05	0,050356	0,050453	1,033023	32,83778
14,0625	0,050196	0,050404	1,033041	32,89056
14,075	0,051352	0,050517	1,033	32,76819
14,0875	0,049898	0,050693	1,032938	32,58036
14,1	0,050915	0,050793	1,032902	32,47525
14,1125	0,051382	0,050776	1,032908	32,49236
14,125	0,050001	0,050585	1,032976	32,69609
14,1375	0,050767	0,050167	1,033125	33,14826
14,15	0,04953	0,049717	1,033285	33,65059
14,1625	0,049298	0,049436	1,033385	33,97199
14,175	0,049303	0,049334	1,033421	34,08962
14,1875	0,049468	0,049331	1,033423	34,09373
14,2	0,049397	0,049342	1,033419	34,08104
14,2125	0,04931	0,049324	1,033425	34,10144
14,225	0,049283	0,049266	1,033446	34,16968

14,2375	0,049364	0,049176	1,033478	34,27484
14,25	0,048973	0,049104	1,033503	34,35896
14,2625	0,048694	0,049082	1,033511	34,38538
14,275	0,049692	0,049113	1,0335	34,34904
14,2875	0,049053	0,049237	1,033456	34,20288
14,3	0,049061	0,049405	1,033396	34,00743
14,3125	0,04974	0,049491	1,033366	33,90831
14,325	0,050502	0,049487	1,033367	33,91374
14,3375	0,049529	0,04934	1,033419	34,08333
14,35	0,048857	0,049008	1,033537	34,47287
14,3625	0,048303	0,048682	1,033653	34,86484
14,375	0,048245	0,048509	1,033715	35,07614
14,3875	0,049789	0,048454	1,033734	35,14388
14,4	0,048585	0,048439	1,03374	35,16344
14,4125	0,048214	0,048392	1,033757	35,22116
14,425	0,048467	0,048283	1,033795	35,3565
14,4375	0,048175	0,048142	1,033845	35,53399
14,45	0,048021	0,048045	1,03388	35,65725
14,4625	0,047813	0,048018	1,03389	35,69125
14,475	0,047941	0,048082	1,033867	35,60983
14,4875	0,048636	0,048344	1,033774	35,28064
14,5	0,047975	0,048757	1,033627	34,77402
14,5125	0,050267	0,049053	1,033521	34,41968
14,525	0,049425	0,049134	1,033493	34,32391
14,5375	0,049032	0,049039	1,033527	34,43677
14,55	0,047997	0,048798	1,033612	34,72427
14,5625	0,048858	0,048601	1,033682	34,9637
14,575	0,047446	0,048542	1,033703	35,03557
14,5875	0,04826	0,048536	1,033705	35,04347
14,6	0,049068	0,04854	1,033704	35,03907
14,6125	0,048875	0,048503	1,033717	35,08374
14,625	0,047555	0,048348	1,033772	35,27529
14,6375	0,049209	0,04812	1,033853	35,56235
14,65	0,04735	0,047958	1,033911	35,76752
14,6625	0,048252	0,047913	1,033927	35,82608
14,675	0,047324	0,047921	1,033924	35,81531
14,6875	0,048389	0,047902	1,033931	35,84018
14,7	0,049174	0,047794	1,033969	35,97895
14,7125	0,046849	0,047585	1,034044	36,25217
14,725	0,047277	0,047387	1,034114	36,51432
14,7375	0,047302	0,047316	1,034139	36,60827
14,75	0,047489	0,047372	1,034119	36,53431
14,7625	0,04733	0,047627	1,034029	36,19622
14,775	0,047491	0,048075	1,033869	35,61835
14,7875	0,049902	0,048427	1,033744	35,17763
14,8	0,04961	0,048531	1,033707	35,04988
14,8125	0,047284	0,048492	1,033721	35,09787
14,825	0,047809	0,048367	1,033765	35,25167
14,8375	0,048455	0,048202	1,033824	35,45857
14,85	0,048301	0,04805	1,033878	35,65081
14,8625	0,047388	0,047896	1,033933	35,84715
14,875	0,04828	0,047766	1,033979	36,01494

14,8875	0,047542	0,047714	1,033998	36,08307
14,9	0,047394	0,047716	1,033997	36,0808
14,9125	0,050314	0,047793	1,03397	35,98031
14,925	0,047785	0,047998	1,033897	35,71651
14,9375	0,047899	0,048229	1,033815	35,42455
14,95	0,05026	0,048354	1,03377	35,26799
14,9625	0,047601	0,048378	1,033761	35,2383
14,975	0,048597	0,048343	1,033774	35,28182
14,9875	0,048137	0,048269	1,0338	35,37469
15	0,049045	0,048202	1,033824	35,45788
15,0125	0,047943	0,048176	1,033833	35,49146
15,025	0,048106	0,048277	1,033798	35,36495
15,0375	0,048157	0,048702	1,033646	34,84055
15,05	0,049365	0,04936	1,033412	34,05956
15,0625	0,05106	0,04982	1,033248	33,53422
15,075	0,050869	0,049943	1,033205	33,39725
15,0875	0,0494	0,049844	1,03324	33,50758
15,1	0,049706	0,049647	1,03331	33,73045
15,1125	0,048548	0,049548	1,033345	33,843
15,125	0,051237	0,049633	1,033315	33,74564
15,1375	0,048954	0,049932	1,033209	33,40912
15,15	0,049969	0,0503	1,033078	33,00278
15,1625	0,051892	0,050483	1,033013	32,80511
15,175	0,050659	0,050496	1,033008	32,79091
15,1875	0,050165	0,050412	1,033038	32,88204
15,2	0,051712	0,050285	1,033083	33,01969
15,2125	0,050115	0,050229	1,033103	33,08123
15,225	0,050069	0,050272	1,033088	33,03371
15,2375	0,050473	0,050432	1,033031	32,85969
15,25	0,050909	0,050701	1,032935	32,57171
15,2625	0,050942	0,051008	1,032826	32,24958
15,275	0,053345	0,051307	1,032719	31,94206
15,2875	0,05142	0,05158	1,032622	31,6657
15,3	0,051814	0,051834	1,032532	31,4134
15,3125	0,052018	0,052103	1,032436	31,14948
15,325	0,054142	0,052419	1,032323	30,84624
15,3375	0,052775	0,052739	1,032209	30,5444
15,35	0,052219	0,052987	1,032121	30,31494
15,3625	0,05408	0,053145	1,032065	30,17042
15,375	0,052575	0,053244	1,032029	30,0807
15,3875	0,055628	0,053305	1,032008	30,02584
15,4	0,053035	0,05334	1,031995	29,99424
15,4125	0,053252	0,053382	1,03198	29,95584
15,425	0,053572	0,053481	1,031945	29,86778
15,4375	0,053729	0,053671	1,031877	29,69953
15,45	0,05357	0,053958	1,031775	29,44845
15,4625	0,055162	0,05428	1,03166	29,17167
15,475	0,054358	0,054537	1,031569	28,95455
15,4875	0,056283	0,0547	1,031511	28,81874
15,5	0,054292	0,054836	1,031462	28,70578
15,5125	0,054616	0,055029	1,031393	28,54775
15,525	0,055461	0,055289	1,031301	28,33759

15,5375	0,055694	0,055557	1,031205	28,12418
15,55	0,055616	0,055782	1,031125	27,94677
15,5625	0,057011	0,055979	1,031054	27,79408
15,575	0,055252	0,056185	1,030981	27,63592
15,5875	0,057595	0,056413	1,0309	27,46243
15,6	0,054873	0,056611	1,030829	27,31431
15,6125	0,056036	0,056705	1,030796	27,24423
15,625	0,057535	0,056691	1,0308	27,25463
15,6375	0,057449	0,056463	1,030882	27,4252
15,65	0,055159	0,055946	1,031066	27,81938
15,6625	0,055187	0,055476	1,031234	28,18784
15,675	0,055325	0,055325	1,031288	28,30843
15,6875	0,056752	0,055457	1,031241	28,20342
15,7	0,055526	0,055923	1,031074	27,83693
15,7125	0,055278	0,0566	1,030833	27,32221
15,725	0,05798	0,05708	1,030662	26,96906
15,7375	0,057545	0,057217	1,030613	26,86922
15,75	0,057642	0,057049	1,030673	26,99151
15,7625	0,056222	0,056561	1,030847	27,35153
15,775	0,055707	0,056092	1,031014	27,70733
15,7875	0,055958	0,055941	1,031068	27,8233
15,8	0,055939	0,056048	1,03103	27,74101
15,8125	0,055328	0,056381	1,030911	27,48685
15,825	0,057405	0,056728	1,030787	27,22731
15,8375	0,057639	0,056848	1,030745	27,13857
15,85	0,056328	0,05683	1,030751	27,15166
15,8625	0,055353	0,056711	1,030794	27,24011
15,875	0,05765	0,056469	1,03088	27,42047
15,8875	0,056575	0,056241	1,030961	27,59277
15,9	0,055501	0,056098	1,031012	27,70215
15,9125	0,055858	0,056006	1,031045	27,77338
15,925	0,056037	0,055937	1,031069	27,82617
15,9375	0,055982	0,05587	1,031093	27,87846
15,95	0,055173	0,055793	1,031121	27,93814
15,9625	0,055872	0,055726	1,031145	27,99062
15,975	0,055432	0,055685	1,031159	28,02275
15,9875	0,056324	0,055632	1,031178	28,06469
16	0,054867	0,055487	1,03123	28,1791
16,0125	0,055678	0,05519	1,031336	28,41677
16,025	0,055207	0,054757	1,03149	28,77148
16,0375	0,05402	0,054351	1,031635	29,1111
16,05	0,053852	0,054146	1,031708	29,28569
16,0625	0,053953	0,054118	1,031718	29,31021
16,075	0,055831	0,054182	1,031695	29,25532
16,0875	0,054286	0,054306	1,031651	29,14969
16,1	0,054418	0,054425	1,031609	29,0488
16,1125	0,05329	0,054483	1,031588	28,99989
16,125	0,055372	0,054444	1,031602	29,03259
16,1375	0,055047	0,054217	1,031683	29,22528
16,15	0,052786	0,05377	1,031842	29,61185
16,1625	0,052669	0,053269	1,03202	30,0578
16,175	0,054093	0,052919	1,032145	30,37746

16,1875	0,052778	0,052776	1,032196	30,50983
16,2	0,052696	0,052757	1,032203	30,52785
16,2125	0,051929	0,052713	1,032219	30,56905
16,225	0,053739	0,052528	1,032284	30,74274
16,2375	0,05272	0,05217	1,032412	31,08445
16,25	0,051137	0,051731	1,032568	31,51518
16,2625	0,050989	0,051375	1,032695	31,87269
16,275	0,051286	0,051173	1,032767	32,0793
16,2875	0,050448	0,05108	1,0328	32,17456
16,3	0,051237	0,05102	1,032822	32,23776
16,3125	0,05116	0,050921	1,032857	32,34049
16,325	0,050135	0,050758	1,032915	32,51196
16,3375	0,05098	0,050543	1,032991	32,74104
16,35	0,048752	0,050296	1,033079	33,00794
16,3625	0,050419	0,050021	1,033177	33,31015
16,375	0,050315	0,049728	1,033281	33,63815
16,3875	0,048602	0,04946	1,033377	33,94454
16,4	0,049389	0,049264	1,033446	34,17152
16,4125	0,048125	0,049153	1,033486	34,30213
16,425	0,049329	0,049045	1,033524	34,42922
16,4375	0,049456	0,048778	1,033619	34,74842
16,45	0,048584	0,048251	1,033807	35,39645
16,4625	0,047269	0,047626	1,034029	36,19794
16,475	0,046738	0,047211	1,034177	36,74983
16,4875	0,0467	0,047102	1,034215	36,89791
16,5	0,047605	0,047139	1,034202	36,84712
16,5125	0,047424	0,047103	1,034215	36,89576
16,525	0,047359	0,046847	1,034306	37,24804
16,5375	0,04592	0,046395	1,034467	37,88577
16,55	0,045239	0,045962	1,03462	38,51755
16,5625	0,045917	0,045719	1,034707	38,88219
16,575	0,044625	0,04564	1,034735	39,00169
16,5875	0,046372	0,045595	1,034751	39,06976
16,6	0,045573	0,045451	1,034802	39,29101
16,6125	0,044983	0,045144	1,034911	39,77118
16,625	0,044965	0,044665	1,035081	40,5425
16,6375	0,043969	0,044102	1,035281	41,48949
16,65	0,043608	0,04363	1,035449	42,31968
16,6625	0,043243	0,043347	1,035549	42,83188
16,675	0,042936	0,04324	1,035587	43,0292
16,6875	0,043322	0,043235	1,035589	43,03881
16,7	0,045527	0,043249	1,035584	43,01283
16,7125	0,043046	0,043255	1,035582	43,00202
16,725	0,043849	0,043254	1,035582	43,00306
16,7375	0,043017	0,043268	1,035577	42,97816
16,75	0,043251	0,043373	1,03554	42,78512
16,7625	0,043454	0,043655	1,03544	42,27492
16,775	0,044094	0,044079	1,035289	41,5297
16,7875	0,044632	0,044416	1,03517	40,95738
16,8	0,04475	0,044521	1,035132	40,78132
16,8125	0,042286	0,044481	1,035147	40,84857
16,825	0,044388	0,044309	1,035208	41,1376

16,8375	0,044833	0,043988	1,035322	41,68739
16,85	0,043325	0,043611	1,035455	42,35239
16,8625	0,042389	0,04326	1,03558	42,99188
16,875	0,043728	0,042959	1,035687	43,55683
16,8875	0,042338	0,042683	1,035785	44,08681
16,9	0,044151	0,042422	1,035878	44,59975
16,9125	0,041798	0,042249	1,035939	44,94638
16,925	0,042042	0,042199	1,035957	45,04734
16,9375	0,042673	0,042273	1,03593	44,89687
16,95	0,041713	0,042472	1,03586	44,5001
16,9625	0,043021	0,042646	1,035798	44,15819
16,975	0,042535	0,042696	1,035781	44,0613
16,9875	0,042926	0,042636	1,035802	44,17816
17	0,042739	0,042496	1,035851	44,45257
17,0125	0,041715	0,042397	1,035887	44,64979
17,025	0,04197	0,042384	1,035891	44,67414
17,0375	0,042705	0,042527	1,03584	44,39172
17,05	0,042614	0,042906	1,035706	43,65583
17,0625	0,043268	0,043269	1,035577	42,97655
17,075	0,044167	0,043386	1,035536	42,76101
17,0875	0,043929	0,04325	1,035584	43,01138
17,1	0,042002	0,042821	1,035736	43,81906
17,1125	0,041244	0,042263	1,035934	44,91754
17,125	0,04268	0,041813	1,036094	45,84423
17,1375	0,041805	0,041503	1,036204	46,50518
17,15	0,041266	0,041294	1,036278	46,96253
17,1625	0,04124	0,041173	1,036321	47,23096
17,175	0,041104	0,041131	1,036336	47,32403
17,1875	0,041071	0,041127	1,036337	47,33376
17,2	0,041833	0,04116	1,036325	47,25815
17,2125	0,041236	0,041285	1,036281	46,98251
17,225	0,040995	0,041528	1,036195	46,45018
17,2375	0,042807	0,041901	1,036062	45,65942
17,25	0,041276	0,042243	1,035941	44,95842
17,2625	0,043324	0,042365	1,035898	44,71272
17,275	0,042914	0,042342	1,035906	44,75872
17,2875	0,040945	0,042191	1,03596	45,06323
17,3	0,041869	0,041892	1,036066	45,67859
17,3125	0,041667	0,041608	1,036166	46,27893
17,325	0,041033	0,04139	1,036244	46,7506
17,3375	0,041707	0,04116	1,036325	47,2586
17,35	0,040945	0,040932	1,036407	47,77486
17,3625	0,040727	0,040791	1,036456	48,0973
17,375	0,040705	0,040755	1,036469	48,1809
17,3875	0,040497	0,040779	1,036461	48,12555
17,4	0,043359	0,040844	1,036438	47,97607
17,4125	0,040488	0,04091	1,036414	47,82494
17,425	0,041864	0,04094	1,036403	47,75544
17,4375	0,040702	0,040946	1,036401	47,74132
17,45	0,040374	0,040945	1,036402	47,74477
17,4625	0,042078	0,040928	1,036408	47,78235
17,475	0,040463	0,04086	1,036432	47,93821

17,4875	0,042634	0,040697	1,03649	48,31632
17,5	0,040393	0,040509	1,036556	48,75881
17,5125	0,040439	0,040423	1,036587	48,96465
17,525	0,040245	0,040475	1,036568	48,83926
17,5375	0,040338	0,040777	1,036461	48,12963
17,55	0,041426	0,041323	1,036267	46,89674
17,5625	0,042874	0,041753	1,036115	45,97015
17,575	0,041962	0,041878	1,036071	45,70811
17,5875	0,042681	0,041705	1,036132	46,07193
17,6	0,041248	0,041344	1,03626	46,85183
17,6125	0,040361	0,04114	1,036333	47,30465
17,625	0,040016	0,041124	1,036338	47,33997
17,6375	0,041136	0,041279	1,036283	46,99374
17,65	0,042629	0,041591	1,036173	46,31625
17,6625	0,041939	0,041746	1,036117	45,98478
17,675	0,042852	0,041643	1,036154	46,20396
17,6875	0,040736	0,041437	1,036227	46,64867
17,7	0,040875	0,041334	1,036264	46,87424
17,7125	0,041265	0,041362	1,036254	46,81135
17,725	0,041032	0,041461	1,036219	46,59645
17,7375	0,042257	0,041572	1,036179	46,35655
17,75	0,042156	0,041582	1,036176	46,33389
17,7625	0,039569	0,041335	1,036263	46,87159
17,775	0,041992	0,04077	1,036464	48,14579
17,7875	0,03996	0,040181	1,036673	49,5514
17,8	0,039846	0,039821	1,0368	50,45134
17,8125	0,039828	0,039664	1,036856	50,85392
17,825	0,039566	0,039626	1,03687	50,95346
17,8375	0,039438	0,039701	1,036843	50,75994
17,85	0,039705	0,040006	1,036735	49,98556
17,8625	0,041979	0,040518	1,036553	48,73778
17,875	0,040763	0,040926	1,036408	47,78742
17,8875	0,041398	0,041052	1,036364	47,50085
17,9	0,040567	0,041009	1,036379	47,59896
17,9125	0,041142	0,040814	1,036448	48,0451
17,925	0,040512	0,040441	1,036581	48,92216
17,9375	0,039967	0,040033	1,036725	49,91819
17,95	0,039548	0,039746	1,036827	50,64202
17,9625	0,039623	0,03962	1,036872	50,96869
17,975	0,03934	0,039605	1,036877	51,00808
17,9875	0,039396	0,039628	1,036869	50,94836
18	0,040221	0,039639	1,036865	50,91855
18,0125	0,041497	0,039601	1,036878	51,0184
18,025	0,039476	0,039481	1,036921	51,33326
18,0375	0,039033	0,039355	1,036965	51,66513
18,05	0,039074	0,039312	1,036981	51,7811
18,0625	0,040628	0,039399	1,03695	51,55015
18,075	0,039161	0,039645	1,036863	50,90266
18,0875	0,040015	0,039919	1,036766	50,20346
18,1	0,040199	0,040119	1,036695	49,70385
18,1125	0,040147	0,040361	1,036609	49,11246
18,125	0,039572	0,040674	1,036498	48,3689

18,1375	0,04187	0,040881	1,036424	47,88955
18,15	0,041199	0,040931	1,036407	47,77664
18,1625	0,041581	0,040712	1,036484	48,28186
18,175	0,039322	0,040105	1,0367	49,73844
18,1875	0,039194	0,039484	1,03692	51,32361
18,2	0,039106	0,039177	1,037029	52,14528
18,2125	0,039272	0,039102	1,037055	52,35157
18,225	0,039106	0,039109	1,037053	52,33229
18,2375	0,039021	0,039131	1,037045	52,27098
18,25	0,03961	0,039174	1,03703	52,15454
18,2625	0,039024	0,039222	1,037013	52,02482
18,275	0,041521	0,03924	1,037006	51,97449
18,2875	0,03898	0,039226	1,037011	52,01275
18,3	0,038754	0,039165	1,037033	52,17809
18,3125	0,039988	0,039067	1,037068	52,44614
18,325	0,038744	0,038987	1,037096	52,66837
18,3375	0,039145	0,038935	1,037115	52,81365
18,35	0,038714	0,038876	1,037135	52,97711
18,3625	0,038995	0,03879	1,037166	53,21879
18,375	0,038708	0,038696	1,037199	53,48696
18,3875	0,038573	0,038632	1,037222	53,67215
18,4	0,038563	0,038605	1,037231	53,74858
18,4125	0,038773	0,038597	1,037234	53,77223
18,425	0,038642	0,038597	1,037234	53,7731
18,4375	0,038542	0,038641	1,037219	53,64618
18,45	0,04022	0,038801	1,037162	53,18779
18,4625	0,038304	0,039106	1,037054	52,33869
18,475	0,038944	0,039513	1,03691	51,24879
18,4875	0,04048	0,039969	1,036748	50,07719
18,5	0,040973	0,040422	1,036587	48,96612
18,5125	0,039631	0,040733	1,036477	48,23192
18,525	0,04095	0,040827	1,036443	48,0137
18,5375	0,04074	0,040773	1,036463	48,1383
18,55	0,041092	0,040562	1,036538	48,63331
18,5625	0,038416	0,040211	1,036662	49,47764
18,575	0,039912	0,039844	1,036792	50,39351
18,5875	0,039574	0,0395	1,036914	51,28219
18,6	0,03979	0,039244	1,037005	51,96322
18,6125	0,038239	0,039159	1,037035	52,19555
18,625	0,038225	0,039269	1,036996	51,89621
18,6375	0,040763	0,039643	1,036864	50,90985
18,65	0,039874	0,040058	1,036716	49,85612
18,6625	0,040855	0,04021	1,036662	49,48035
18,675	0,038149	0,0401	1,036702	49,75182
18,6875	0,040985	0,039783	1,036814	50,54909
18,7	0,03956	0,03948	1,036921	51,33589
18,7125	0,038158	0,039383	1,036956	51,59137
18,725	0,040362	0,039404	1,036948	51,53503
18,7375	0,037959	0,039512	1,03691	51,24957
18,75	0,0398	0,039744	1,036828	50,64859
18,7625	0,040523	0,040018	1,036731	49,95587
18,775	0,039589	0,040197	1,036667	49,51226

18,7875	0,040486	0,040247	1,036649	49,38948
18,8	0,040629	0,04012	1,036694	49,70102
18,8125	0,037794	0,039705	1,036841	50,74781
18,825	0,040397	0,03915	1,037038	52,21889
18,8375	0,037728	0,038713	1,037193	53,43786
18,85	0,038683	0,038439	1,03729	54,23231
18,8625	0,039434	0,038295	1,037341	54,66111
18,875	0,03795	0,038262	1,037353	54,75907
18,8875	0,037839	0,038309	1,037336	54,61835
18,9	0,038541	0,03838	1,037311	54,40652
18,9125	0,039824	0,038412	1,0373	54,31244
18,925	0,038709	0,038391	1,037307	54,37563
18,9375	0,03763	0,038301	1,037339	54,64306
18,95	0,037988	0,038185	1,03738	54,99108
18,9625	0,038551	0,038138	1,037397	55,13422
18,975	0,037958	0,03817	1,037386	55,03614
18,9875	0,038057	0,038293	1,037342	54,66461
19	0,040205	0,03849	1,037272	54,08229
19,0125	0,038669	0,038676	1,037206	53,54356
19,025	0,03882	0,038821	1,037155	53,1317
19,0375	0,037701	0,038934	1,037115	52,81541
19,05	0,04021	0,039001	1,037091	52,62991
19,0625	0,039155	0,039021	1,037084	52,57402
19,075	0,038801	0,038971	1,037102	52,71163
19,0875	0,039898	0,038767	1,037174	53,28516
19,1	0,038339	0,038381	1,037311	54,40341
19,1125	0,038091	0,03791	1,037478	55,83427
19,125	0,037313	0,037565	1,0376	56,9314
19,1375	0,037371	0,037458	1,037638	57,28016
19,15	0,03734	0,037542	1,037608	57,007
19,1625	0,038511	0,03783	1,037506	56,08586
19,175	0,037834	0,038196	1,037377	54,95814
19,1875	0,038585	0,038398	1,037305	54,35458
19,2	0,038936	0,038438	1,037291	54,23481
19,2125	0,038159	0,038344	1,037324	54,51276
19,225	0,037496	0,038014	1,037441	55,51106
19,2375	0,040034	0,037565	1,0376	56,93056
19,25	0,037178	0,037281	1,037701	57,86849
19,2625	0,037132	0,037209	1,037726	58,10864
19,275	0,036807	0,037372	1,037668	57,56325
19,2875	0,037291	0,037887	1,037486	55,90718
19,3	0,039526	0,038427	1,037295	54,26868
19,3125	0,039559	0,038615	1,037228	53,71917
19,325	0,037047	0,038596	1,037235	53,77465
19,3375	0,039703	0,038392	1,037307	54,37286
19,35	0,038162	0,0379	1,037481	55,86511
19,3625	0,037019	0,037446	1,037642	57,31992
19,375	0,036915	0,037289	1,037698	57,84109
19,3875	0,03763	0,03728	1,037701	57,87039
19,4	0,037073	0,037462	1,037637	57,26761
19,4125	0,03693	0,037955	1,037462	55,69509
19,425	0,039478	0,038395	1,037306	54,36171

19,4375	0,039633	0,038525	1,03726	53,98241
19,45	0,037259	0,03838	1,037311	54,40786
19,4625	0,039626	0,037965	1,037458	55,66481
19,475	0,036993	0,037514	1,037618	57,09866
19,4875	0,03679	0,037255	1,03771	57,95426
19,5	0,037527	0,037134	1,037753	58,36481
19,5125	0,038671	0,037054	1,037781	58,63652
19,525	0,036862	0,037005	1,037798	58,80696
19,5375	0,036736	0,036995	1,037802	58,84051
19,55	0,036837	0,037123	1,037757	58,40064
19,5625	0,039369	0,037555	1,037603	56,9633
19,575	0,036808	0,03816	1,037389	55,06588
19,5875	0,038912	0,038565	1,037246	53,86442
19,6	0,039263	0,038673	1,037207	53,55192
19,6125	0,038353	0,038648	1,037216	53,62602
19,625	0,036783	0,038516	1,037263	54,00688
19,6375	0,038699	0,038246	1,037359	54,80762
19,65	0,039134	0,037929	1,037471	55,77663
19,6625	0,037062	0,037658	1,037567	56,63299
19,675	0,036496	0,037446	1,037642	57,32026
19,6875	0,037994	0,037292	1,037697	57,8308
19,7	0,037734	0,03721	1,037726	58,10424
19,7125	0,036327	0,03719	1,037733	58,17233
19,725	0,037318	0,037279	1,037701	57,87347
19,7375	0,036186	0,037574	1,037597	56,9025
19,75	0,038003	0,037897	1,037482	55,87436
19,7625	0,038926	0,038015	1,037441	55,51053
19,775	0,038824	0,03785	1,037499	56,02239
19,7875	0,036335	0,037521	1,037616	57,07498
19,8	0,036815	0,037356	1,037674	57,61625
19,8125	0,036474	0,037381	1,037665	57,53349
19,825	0,037921	0,037547	1,037606	56,98953
19,8375	0,037771	0,037828	1,037507	56,09156
19,85	0,03887	0,037992	1,037449	55,58037
19,8625	0,036253	0,038016	1,03744	55,50634
19,875	0,038708	0,037953	1,037462	55,70085
19,8875	0,036681	0,037736	1,037539	56,38296
19,9	0,038658	0,037408	1,037656	57,44441
19,9125	0,03733	0,037138	1,037751	58,34961
19,925	0,036236	0,037027	1,037791	58,73054
19,9375	0,037185	0,037027	1,03779	58,72885
19,95	0,035808	0,03709	1,037768	58,51315
19,9625	0,037909	0,037171	1,03774	58,23844
19,975	0,037808	0,037204	1,037728	58,12658
19,9875	0,035986	0,037167	1,037741	58,25294
20	0,037713	0,037018	1,037794	58,76209
20,0125	0,036169	0,036753	1,037888	59,69046
20,025	0,037484	0,036503	1,037976	60,59387
20,0375	0,035838	0,03639	1,038016	61,01176
20,05	0,036031	0,036374	1,038022	61,07393
20,0625	0,037794	0,036423	1,038004	60,889
20,075	0,035919	0,036571	1,037952	60,3462

20,0875	0,036881	0,036784	1,037877	59,58003
20,1	0,037286	0,037023	1,037792	58,74369
20,1125	0,035661	0,037204	1,037728	58,12605
20,125	0,03848	0,037261	1,037708	57,93401
20,1375	0,03865	0,037123	1,037757	58,40231
20,15	0,035736	0,036794	1,037873	59,54483
20,1625	0,035932	0,036552	1,037959	60,41492
20,175	0,036364	0,0365	1,037977	60,60433
20,1875	0,035702	0,03667	1,037917	59,98866
20,2	0,038457	0,037057	1,03778	58,6284
20,2125	0,03711	0,037322	1,037686	57,72981
20,225	0,038586	0,03737	1,037669	57,57003
20,2375	0,036968	0,037253	1,037711	57,96231
20,25	0,037236	0,036868	1,037847	59,28228
20,2625	0,036495	0,036377	1,038021	61,06239
20,275	0,035686	0,036075	1,038128	62,20694
20,2875	0,035668	0,035999	1,038155	62,50302
20,3	0,0383	0,036169	1,038094	61,84494
20,3125	0,035455	0,036696	1,037908	59,89374
20,325	0,03674	0,037261	1,037708	57,93455
20,3375	0,038299	0,037491	1,037626	57,17296
20,35	0,038344	0,037513	1,037619	57,10171
20,3625	0,036618	0,037357	1,037674	57,61313
20,375	0,038169	0,036882	1,037842	59,23355
20,3875	0,0355	0,036399	1,038013	60,97921
20,4	0,036715	0,036235	1,038071	61,59489
20,4125	0,035497	0,03627	1,038059	61,46308
20,425	0,035818	0,036531	1,037966	60,49246
20,4375	0,0377	0,03707	1,037775	58,58356
20,45	0,03774	0,037503	1,037622	57,13296
20,4625	0,037971	0,037624	1,037579	56,74075
20,475	0,038014	0,037514	1,037618	57,09638
20,4875	0,035456	0,037246	1,037713	57,98415
20,5	0,036808	0,037039	1,037786	58,68851
20,5125	0,036245	0,03699	1,037804	58,8571
20,525	0,037873	0,03699	1,037804	58,85849
20,5375	0,038065	0,03699	1,037804	58,85919
20,55	0,036963	0,036994	1,037802	58,84491
20,5625	0,036111	0,037005	1,037799	58,80788
20,575	0,036333	0,037052	1,037782	58,64339
20,5875	0,037156	0,037182	1,037736	58,2015
20,6	0,03773	0,03732	1,037687	57,73759
20,6125	0,037668	0,037369	1,037669	57,57238
20,625	0,035341	0,037248	1,037712	57,97795
20,6375	0,036988	0,036826	1,037862	59,43313
20,65	0,037989	0,036205	1,038082	61,71022
20,6625	0,035494	0,035744	1,038245	63,51648
20,675	0,035381	0,035603	1,038295	64,0895
20,6875	0,035057	0,035694	1,038263	63,71878
20,7	0,037426	0,036066	1,038131	62,24475
20,7125	0,034945	0,03654	1,037963	60,45817
20,725	0,03804	0,036738	1,037893	59,74421

20,7375	0,036176	0,036721	1,037899	59,8036
20,75	0,037917	0,036604	1,03794	60,22544
20,7625	0,035171	0,036398	1,038013	60,98284
20,775	0,034374	0,036236	1,038071	61,58978
20,7875	0,037243	0,036137	1,038106	61,96894
20,8	0,037613	0,035996	1,038156	62,51465
20,8125	0,034739	0,035733	1,038249	63,56141
20,825	0,034807	0,03537	1,038377	65,06185
20,8375	0,036382	0,03505	1,038491	66,44537
20,85	0,034773	0,034883	1,03855	67,19201
20,8625	0,034823	0,03484	1,038565	67,38618
20,875	0,034972	0,034848	1,038562	67,34932
20,8875	0,036159	0,034922	1,038536	67,01553
20,9	0,034825	0,035136	1,03846	66,06926
20,9125	0,034911	0,035562	1,038309	64,25987
20,925	0,03601	0,036205	1,038082	61,70962
20,9375	0,037296	0,036781	1,037878	59,59248
20,95	0,037331	0,037006	1,037798	58,80356
20,9625	0,037177	0,037002	1,037799	58,81593
20,975	0,036096	0,036841	1,037856	59,37717
20,9875	0,037265	0,036525	1,037968	60,51524
21	0,03586	0,036291	1,038051	61,38202
21,0125	0,035966	0,036235	1,038071	61,59687
21,025	0,037309	0,036254	1,038064	61,52349
21,0375	0,034613	0,036306	1,038046	61,32541
21,05	0,037073	0,036353	1,038029	61,14952
21,0625	0,035561	0,036362	1,038026	61,11672
21,075	0,037126	0,036302	1,038047	61,34128
21,0875	0,037046	0,036087	1,038123	62,16059
21,1	0,034988	0,03569	1,038264	63,73462
21,1125	0,034647	0,035325	1,038393	65,25093
21,125	0,037041	0,035198	1,038438	65,79736
21,1375	0,034648	0,03533	1,038392	65,2324
21,15	0,034888	0,035696	1,038262	63,71215
21,1625	0,037005	0,036032	1,038143	62,37413
21,175	0,036914	0,036135	1,038107	61,97776
21,1875	0,035737	0,036078	1,038127	62,19707
21,2	0,034506	0,03591	1,038186	62,85427
21,2125	0,036164	0,035716	1,038255	63,63021
21,225	0,035302	0,035592	1,038299	64,13348
21,2375	0,036764	0,035542	1,038317	64,34261
21,25	0,034402	0,035536	1,038319	64,36817
21,2625	0,035887	0,03555	1,038313	64,30678
21,275	0,034491	0,035584	1,038302	64,17026
21,2875	0,036619	0,035619	1,038289	64,02368
21,3	0,035963	0,035628	1,038286	63,98926
21,3125	0,033995	0,035544	1,038316	64,3346
21,325	0,036431	0,035271	1,038412	65,48401
21,3375	0,035123	0,034864	1,038556	67,27618
21,35	0,034279	0,03451	1,038682	68,91947
21,3625	0,033857	0,034319	1,038749	69,83672
21,375	0,034348	0,03427	1,038767	70,0764

21,3875	0,034797	0,034281	1,038763	70,02262
21,4	0,034182	0,034338	1,038743	69,74593
21,4125	0,034236	0,034445	1,038705	69,22998
21,425	0,036696	0,034548	1,038668	68,73739
21,4375	0,034057	0,034628	1,03864	68,36142
21,45	0,036534	0,034734	1,038602	67,86806
21,4625	0,033887	0,034936	1,038531	66,95051
21,475	0,033924	0,035298	1,038403	65,36927
21,4875	0,036389	0,035668	1,038272	63,82638
21,5	0,036401	0,035809	1,038222	63,2541
21,5125	0,036397	0,035778	1,038233	63,37957
21,525	0,034514	0,035494	1,038333	64,54055
21,5375	0,036232	0,034997	1,038509	66,67829
21,55	0,033976	0,03473	1,038604	67,88793
21,5625	0,033735	0,034716	1,038609	67,95123
21,575	0,035312	0,034881	1,038551	67,2009
21,5875	0,03504	0,035195	1,038439	65,81232
21,6	0,035701	0,035367	1,038379	65,07533
21,6125	0,035963	0,035361	1,03838	65,09876
21,625	0,03554	0,035324	1,038394	65,25754
21,6375	0,033914	0,035305	1,0384	65,33723
21,65	0,033636	0,035344	1,038387	65,17141
21,6625	0,036294	0,035422	1,038359	64,84228
21,675	0,036068	0,035442	1,038352	64,75741
21,6875	0,035959	0,035216	1,038432	65,7183
21,7	0,034473	0,034628	1,03864	68,36309
21,7125	0,033641	0,034053	1,038844	71,15998
21,725	0,033652	0,03386	1,038912	72,15247
21,7375	0,033773	0,033952	1,038879	71,67532
21,75	0,035893	0,034243	1,038776	70,21114
21,7625	0,033395	0,034551	1,038667	68,72436
21,775	0,03577	0,034663	1,038628	68,19728
21,7875	0,035653	0,034653	1,038631	68,24415
21,8	0,033527	0,034589	1,038654	68,54428
21,8125	0,03347	0,034475	1,038694	69,08566
21,825	0,036197	0,034368	1,038732	69,59988
21,8375	0,032923	0,034285	1,038761	70,00367
21,85	0,034632	0,034179	1,038799	70,52836
21,8625	0,034582	0,033975	1,038871	71,55434
21,875	0,033367	0,033658	1,038983	73,21618
21,8875	0,033178	0,033363	1,039088	74,83247
21,9	0,033086	0,033226	1,039136	75,60739
21,9125	0,033112	0,033218	1,039139	75,65176
21,925	0,033438	0,033259	1,039125	75,42263
21,9375	0,03582	0,033293	1,039112	75,22555
21,95	0,033197	0,033303	1,039109	75,17029
21,9625	0,033121	0,033294	1,039112	75,22439
21,975	0,035964	0,033274	1,039119	75,33282
21,9875	0,033193	0,03327	1,03912	75,35522
22	0,033315	0,033319	1,039103	75,08301
22,0125	0,033008	0,033456	1,039055	74,31465
22,025	0,034015	0,033681	1,038975	73,09457

22,0375	0,034075	0,033938	1,038884	71,74606
22,05	0,033023	0,034122	1,038819	70,80915
22,0625	0,035654	0,034179	1,038799	70,52611
22,075	0,034778	0,034129	1,038817	70,77863
22,0875	0,03287	0,033992	1,038865	71,47082
22,1	0,03395	0,03387	1,038908	72,099
22,1125	0,032949	0,033834	1,038921	72,28484
22,125	0,035589	0,033855	1,038914	72,17617
22,1375	0,034185	0,033897	1,038899	71,95981
22,15	0,032872	0,033917	1,038891	71,85212
22,1625	0,0344	0,033863	1,038911	72,13239
22,175	0,035076	0,033712	1,038964	72,92937
22,1875	0,032584	0,033557	1,039019	73,76017
22,2	0,032674	0,033485	1,039045	74,15919
22,2125	0,03542	0,033469	1,03905	74,24387
22,225	0,032599	0,033466	1,039051	74,26042
22,2375	0,033806	0,033433	1,039063	74,44166
22,25	0,035147	0,03333	1,039099	75,01949
22,2625	0,032871	0,033148	1,039164	76,05759
22,275	0,032694	0,032983	1,039222	77,02458
22,2875	0,033097	0,032925	1,039243	77,37236
22,3	0,032697	0,032959	1,039231	77,16887
22,3125	0,03386	0,033112	1,039177	76,2669
22,325	0,032736	0,033432	1,039063	74,44883
22,3375	0,035376	0,033881	1,038904	72,04202
22,35	0,032864	0,034255	1,038772	70,14933
22,3625	0,034594	0,034383	1,038727	69,52606
22,375	0,035892	0,034367	1,038732	69,60265
22,3875	0,033944	0,034208	1,038789	70,38261
22,4	0,03419	0,033826	1,038924	72,32537
22,4125	0,033071	0,033394	1,039077	74,66124
22,425	0,032686	0,033064	1,039194	76,54732
22,4375	0,034358	0,032876	1,03926	77,66373
22,45	0,03273	0,032824	1,039278	77,97921
22,4625	0,033058	0,032877	1,03926	77,65786
22,475	0,032743	0,033068	1,039192	76,52121

Tabla B.2 Matriz de correlación de para 1er orden.

	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p
TIEMPO	11,24375	6,489778				
LNABS	0,998734	0,172987	0,324932	0,105581	14,56047	0
		Constant	Slope	Constant	Slope	
	N	dep: Y	Dep: Y	dep: X	dep: X	
	1798	0,90135	0,008661	-0,93094	12,19013	

Tabla B.3 Matriz de correlación de para 2do orden.

	Mean	Std.Dv.	r(X,Y)	r ²	t	p
TIEMPO	11,2375	6,493386				
INVER	28,97775	19,18628	0,960763	0,923065	146,8343	0
		Constant	Slope	Constant	Slope	
	N	dep: Y	Dep: Y	dep: X	dep: X	
	1799	-2,92333	2,838806	1,815108	0,32516	

Apéndice

C

APENDICE C: MANUAL DE OPERACION DEL EQUIPO DE MEZCLA RAPIDA.

1. Conectar a una fuente de electricidad la fuente de poder del equipo de mezcla rápida.
2. Dar clic al botón de encendido del equipo de mezcla rápida el cual se encuentra en el control remoto que forma parte del equipo; este botón es el único de color rojo en dicho control.
3. Cargar los 1.4 ml de los reactivos a utilizarse en las jeringas y posteriormente colocar las cánulas a la salida de las jeringas.
4. Posicionar las jeringas en su lugar sobre el equipo de mezcla rápida.
5. Abrir el software de Kinetics de la marca Varian® e iniciar el monitoreo de la reacción.
6. Dar clic al botón accionador del equipo de mezcla rápida, el cual es de color negro y se encuentra justo a la derecha del botón de encendido.
7. Para ejecutar otra corrida de la reacción se ejecutan desde el paso 2 de este manual hasta el 6.

BIBLIOGRAFIA

- (1) *Fielding, D., (2005). Fast kinetics measurements using the Varian Cary 50 UV – Vis spectrophotometer and the RX.2000 rapid mix accessroy from applied photophysics.*
- (2) *Ramírez, B., Escudero, R., Tavera, F.J., Ruíz, G., (2006). Descomposición del ión xantato y su caracterización mediante la técnica de espectrofotometría ultravioleta de luz visible. Memorias del XVI CONGRESO INTERNACIONAL DE METALURGIA EXTRACTIVA “Dr. Manuel Méndez Noneli”.*
- (3) *De Donato, P., Cases, J., Kongolo, M., Cartier, A., and Rivail J., (1989). Stability of the amyl xanthate ion as a function of pH: modelling and comparison with the etylxanthate ion. International journal of mineral processing, 25, pp 1-16.*
- (4) *Iwasaki, I y Cooke, S.R.B., (1958). The descomposition of xanthate in acid solution. American Chemistry Society, 80, pp 285 – 288.*
- (5) *Harris, P.J y Fillkenstein, N.P., (1975). Interactions between sulphide minerals and xanthates, I. The Formation of monothiocarbonate at galena and pyrite surfaces. International journal of mineral process. 2, pp 77.*
- (6) *Jones, M.H y Woodcock, J.T. (1973). Ultraviolet spectrometry of flotation reagents with special referente to the determination of xanthate in flotation liquors. Chamaleon Press Ltd.,London. Pp 1 – 10.*
- (7) *Pomianowsky, A y J. Leja. (1963). Spectrophotometric study of xanthate and dixanthogen solutions. Canadian journal Chemistry., 41, pp 2219 – 2230.*
- (8) *Tipman, R.N. y Leja, J.,(1975). Reactivity of xanthate and dixanthogene in aqueous solution of diferent pH. Colloid polymer science., 253, pp 4 - 10.*
- (9) *Obregón, H. (1990). Xantatos en sistemas de flotación. Reacciones, fenómenos y mecanismos Comunicación Interna ALKEMIN S.A. de C.V.*
- (10) *Ingeniería de las reacciones químicas; Octave Levenspiel; Editorial Reverté; 2ª edición 2002.*
- (11) *Elementos de ingeniería de las reacciones químicas; H. Scout Fogler; Editorial Prentice Hall; 3ª edición 2001.*

- (12) *Principios de análisis instrumental; Douglas A. Skoog, James Holler & Timothy Nieman; Editorial Mc Graw Hill; 5ª edición 2001.*
- (13) *Fundamentos de cinética química; S.R. Logan; Editorial Addison Wesley; 1ª edición 2000; Capítulo 2.*
- (14) *Introducción a la ingeniería eléctrica; George V. Mueller; Editorial CECSA/Mc Graw Hill; 3ª edición 1963.*
- (15) *Marks Manual del ingeniero mecánico; Theodore Baumeister, Eugene A. Avallone, Theodore Baumeister III; Editorial Mc Graw Hill; 2ª edición 1984.*
- (16) *Fundamentos de ingeniería eléctrica; Vicente del Toro; Editorial Prentice Hall; 2ª edición.*
- (17) *Introducción a la ingeniería eléctrica, Máquinas eléctricas Vol. III, Paul – Nasar Unnewehr; Editorial McGraw Hill; 2ª edición.*
- (18) *Unit Operations of Chemical Engineering, McCabe, W.L., y Smith, J.C., Editorial McGraw Hill – Novaro, 2ª edición, 1965.*