

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS



Departamento de Química – ICEX
Curso de Licenciatura em Química
Modalidade Educação a Distância

Físico-Química Experimental II

Amary Cesar

– 2011 –

Aula 1

Equilíbrio líquido-vapor: Misturas azeotrópicas

Objetivos

Construir o diagrama de temperatura de ebulição em função da composição para o sistema binário de líquidos ciclohexano/isopropanol que forma um azeótropo.

Parte Experimental

1. Material necessário por grupo

➤ Produtos Químicos

- ✓ Ciclohexano
- ✓ Álcool isopropílico

➤ Equipamentos e vidraria

- ✓ Balão especial de destilação com um conjunto de condensador acoplado
- ✓ Termômetro com graduação em décimo do grau
- ✓ Manta de aquecimento com termostato
- ✓ Suporte metálico com garras
- ✓ Suporte de madeira para a manta aquecedora
- ✓ Tubos de ensaio
- ✓ Pipetas
- ✓ Provetas

2. Material necessário no laboratório

- ✓ Refratômetro de Abbè

3. Procedimento experimental

Observe a montagem a ser utilizada para a determinação experimental do diagrama de temperaturas de ebulição para mistura de ciclohexano e isopropanol apresentada na Figura 1.1.



(A)

(B)

Figura 1.1: (A) Montagem própria para a determinação do diagrama de temperaturas de ebulição de uma mistura de líquidos. (B) Detalhe da bolsa para a coleta de amostra do vapor condensado.

I. Preparativos iniciais

Verifique a montagem a ser utilizada e certifique se todas as conexões estão bem feitas. Faça água fluir pelo condensador.

As misturas ciclohexano-álcool isopropílico que serão estudadas nesta aula estão especificadas na Tabela 1.1.

Tabela 1.1: Temperatura de ebulição (pressão aprox 1 atm), índice de refração e composição do destilado e do resíduo líquido para diferentes misturas de ciclohexano-isopropanol.

Amostra	$V_{\text{isopropanol}}$ adicionado (mL)	$V_{\text{ciclohexano}}$ adicionado (mL)	$T_{\text{ebulição}}$ (°C)	Índice de refração		$X_{\text{ciclohexano}}$	
				Destilado	Resíduo	Destilado	Resíduo
1	0,0	150,0					
2	2,0						
3	+3,0						
4	+5,0						
5	+10,0						
6	+25,0						
7	150,0	0,0					
8		10,0					
9		+15,0					
10		+20,0					
11		+30,0					
12		+40,0					

II. Procedimento

- Coloque o ciclohexano ou álcool isopropílico (ver Tabela 1.1) no balão de destilação.
- Ligue a manta aquecedora e espere que a ebulição inicie.
- Quando a temperatura do sistema estabilizar, retire o suporte da manta aquecedora e o aquecimento do sistema. Coloque o termostato no seu valor mínimo.
- Colete uma amostra do resíduo do balão de destilação.
- Colete uma amostra do destilado, com auxílio de uma pipeta de ponta curva.
- Retorne o excesso de destilado, se houver, para o balão de destilação.
- Adicione pela entrada lateral do balão de destilação o volume de álcool isopropílico ou ciclohexano, conforme indicado na Tabela 1.1.
- Repita os procedimentos (b) até (h).
- Encerrando as adições indicadas na Tabela 1.1, desligue a manta aquecedora e feche o fluxo de água que alimenta o condensador.

III. Determinação das concentrações das soluções coletadas

As concentrações das soluções coletadas para o resíduo líquido e o destilado nos processos sucessivos de destilação do sistema cicloexano-álcool isopropílico são determinadas através da medida de seus índices de refração.

Meça os índices de refração de todas as amostras coletadas e, com auxílio de uma curva padrão determine as concentrações de cada uma dessas amostras. Anote cuidadosamente os resultados encontrados. A curva padrão que será utilizada é um gráfico mostrando a variação do índice de refração das soluções cicloexano-álcool isopropílico em função da fração molar de um de seus componentes.

IV. Construção do diagrama de temperatura de ebulição para as soluções de cicloexano-álcool isopropílico.

Obtenha o diagrama de temperatura de ebulição para as soluções de ciclohexano-álcool propílico, construindo o gráfico da temperatura de ebulição de cada solução em da fração molar das amostras dos resíduos líquidos e o vapor de cada amostra coletada. Duas curvas irão compor este gráfico: a curva correspondente às concentrações do resíduo líquido do processo de destilação e outra para o vapor formado em equilíbrio na temperatura de ebulição medida.

V. Análise dos resultados obtidos

- Verifique se o sistema cicloexano-álcool isopropílico forma uma mistura azeotrópica. Se sim, determine sua composição e sua temperatura de ebulição.
- O que é uma mistura azeotrópica?
- Quais são as composições das fases líquida e vapor, e suas quantidades relativas, de uma solução cicloexano-isopropanol de composição é $x_{\text{cicloexano}}=0,85$ aquecida até a temperatura de 70°C ?

Aula 2

Equilíbrio de fases em um sistema formado por dois líquidos parcialmente miscíveis

Objetivos

Construir a curva de solubilidade para o sistema fenol-água e analisar suas características.

Parte Experimental

1. Material necessário por grupo

➤ Produtos Químicos

- ✓ Amostras de fenol de 10 g, 5 g e 2,5 g.
- ✓ Água destilada

➤ Equipamentos e vidraria

- ✓ Erlenmeyers
- ✓ Termômetro com graduação em décimo do grau
- ✓ Tigela
- ✓ Garra de madeira
- ✓ Suporte metálico com garra
- ✓ Bureta
- ✓ Ebulidor

2. Procedimento experimental

Observe a montagem a ser utilizada para a determinação experimental da curva de solubilidade do sistema fenol-água apresentada na Figura 2.1.

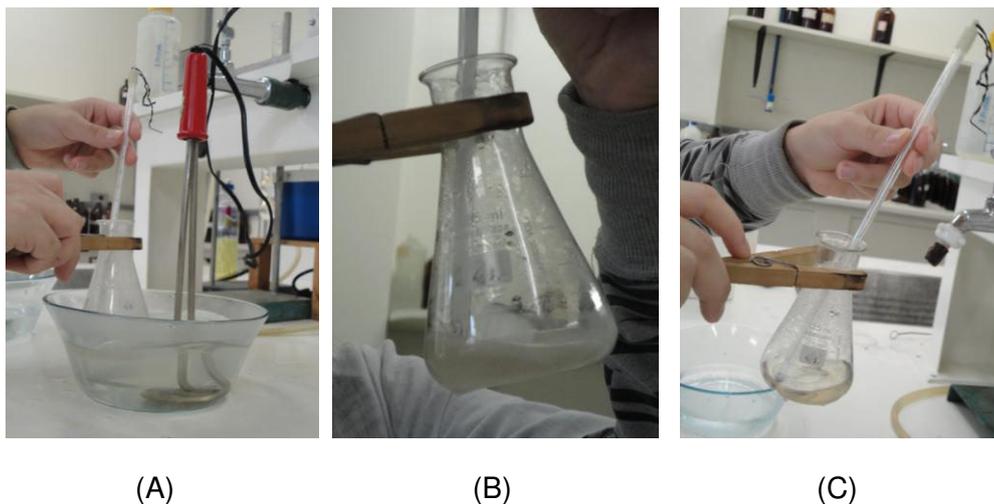


Figura 2.1: (A) Montagem própria para a determinação da curva de solubilidade do sistema fenol-água. Detalhes da mistura heterogênea (B) e homogênea (C).

I. Preparativos iniciais

Cuidado ao ligar o ebulidor. Sempre o faça com este objeto imerso em água. Cuidado com acidentes ao manipular ou quando não estiver utilizando o ebulidor aquecido.

Prepare uma bureta de 25 mL ou 50 mL e fixe-a em um suporte metálico. Adicione água até o seu volume total.

Os volumes de água que serão adicionados nas respectivas amostras de fenol estão apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Massas de fenol e volumes de água utilizados no preparo de diferentes misturas fenol e água.

Frasco	Amostra	Volume de água/mL	Composição %m/m de fenol	T _{resfriamento} (°C)	T _{resfriamento} (°C)	T _{resfriamento} (°C) média
1 (2,5 g fenol)	1	4,0				
	2	+1,0				
	3	+3,0				
	4	+4,0				
2 (5,0 g fenol)	5	7,5				
	6	+1,5				
	7	+3,0				
	8	+3,0				
3 (10 g fenol)	9	+3,0				
	10	12,5				
	11	+4				
	12	+6				
	13	+7				

II. Procedimento

- Transfira para 3 erlenmeyers corretamente identificados, 10 g, 5 g e 2,5 g de fenol. Coloque um termômetro nos erlenmeyers. Mantenha esses termômetros nestes frascos durante todo o procedimento experimental.
- No frasco que contém 10 g de fenol, adicione 4 mL de água destilada. Observe que, na temperatura ambiente, uma mistura heterogeneia de aspecto leitoso é formada, ver Figura 2.1(B).
- Aqueça o frasco em um banho de água previamente preparado à aproximadamente 70° C. Agite regularmente a mistura fenol-água durante o aquecimento até que ela torne-se uma mistura homogeneia, ver Figura 2.1(C). Use um ebulidor para preparar o banho d'água, ver Figura 2.1(A).
- Ainda com a mistura homogeneia, retire o Erlenmeyer do aquecimento e deixe a mistura resfriar lentamente. Observe atentamente a temperatura neste processo de resfriamento. No momento em que mistura tornar-se

novamente heterogênia, adquirindo a opacidade vista anteriormente, anote a temperatura lida no termômetro.

- e) Aqueça novamente o Erlenmeyer no banho térmico até que a mistura torne-se uma vez mais homogênia. Repita uma vez mais o procedimento do item (d).
- f) Obtidas as temperaturas de resfriamento em duplicata, repita todo o procedimento de (c)-(e) para cada adição de água nas quantidades indicadas na Tabela 2.1.
- g) Repita todo o procedimento para as massas de 5 g e 2,5 g de fenol e as quantidades de água indicadas na Tabela 2.1.
- h) Colocar a mistura de número 9, logo após a medida das temperaturas, numa proveta de 50 ou 100 mL e reservar para posterior observação da separação das fases à temperatura ambiente.

III. Construção da curva de solubilidade para o sistema fenol-água.

Calcule as concentrações, expressas em porcentagem massa/massa (%m/m) de fenol, para cada mistura investigada. Para esses cálculos, considere a densidade da água igual a 1 g mL^{-1} .

Construa um gráfico para as temperaturas (média) de transição de fase (mistura homogênia-mistura heterogênia) em função da concentração %m/m do fenol de cada solução estudada.

IV. Análise dos resultados obtidos

- a) Determine a temperatura crítica de solubilidade do sistema fenol-água
- b) Quantos e quais são os graus de liberdade das misturas fenol-água representados por pontos acima e abaixo da curva de solubilidade? Quais são as variáveis que podem ser utilizadas para descrever este sistema termodinâmico?
- c) Determine a composição e as quantidades relativas das fases que coexistem, à temperatura ambiente, em equilíbrio em um sistema fenol-água de composição igual à da mistura de número 9.
- d) Compare o resultado obtido para as quantidades relativas obtidas no item anterior, com o obtido pela estimativa dos volumes da fase rica em água e da fase rica em fenol, lidos na proveta onde foi colocada a mistura de número 9.

Análise Refratométrica (Refratometria)

1. Introdução:

Quando um raio de luz monocromático passa de um meio transparente para outro ele é refratado (Fig. 1).

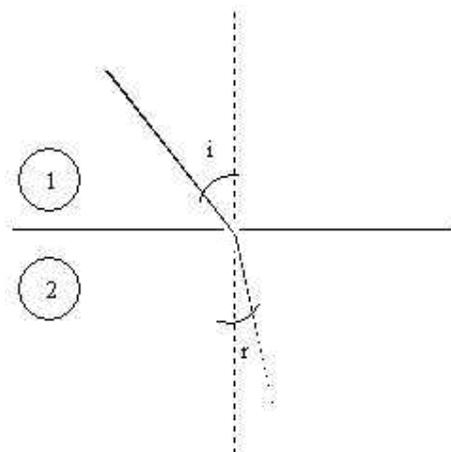


Figura 1. Representação esquemática da refração da luz.

A razão, n , dos senos dos ângulos de incidência (i) e de refração (r) é constante, sob um dado conjunto de condições, e igual à razão das velocidades da luz nos dois meios (eq. 1).

$$n_{12} = \frac{\text{sen}(i)}{\text{sen}(r)} = \frac{v_1}{v_2} \quad (1)$$

A eq. (1) representa a lei de Snell e n_{12} corresponde ao índice de refração do meio 2 em relação ao meio 1. O ângulo r aumenta com o ângulo i , e atinge o seu valor máximo, ângulo crítico ou limite, quando o raio de luz incidente for horizontal, $i=90^\circ$. De modo a tornar n uma constante característica de cada substância, v_1 é referida à velocidade da luz no vácuo ($v_1=c$) e como esta velocidade é máxima, o índice de refração é sempre maior do que 1. Por questões de simplicidade tecnológica, usualmente o ar é escolhido como meio de referência, e para se obter o valor real do índice de refração da substância, deve-se multiplicar o índice de refração medido (em relação ao ar) por 1,0003 que é a relação $v_{\text{vácuo}}/v_{\text{ar}}$, para $\lambda = 589\text{nm}$ (luz amarela do sódio) a 1 atm e 20°C .

O índice de refração depende da temperatura, da pressão, da natureza físico-química da substância e do comprimento de onda da luz incidente. Tratando-se de uma solução, o índice de refração depende também da sua concentração. Conseqüentemente, medidas de índice de refração podem ser utilizadas para identificar substâncias puras e para determinar a composição de misturas binárias.

A refração molar (RM) de uma substância é calculada pela seguinte relação:

$$\text{RM} = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{M}{\rho} \quad (2)$$

onde n corresponde ao índice de refração e M e ρ a massa molecular e densidade, respectivamente. RM é praticamente independente da temperatura e da pressão, dependendo apenas do comprimento de onda e da natureza da substância. A refração molar de uma substância é aproximadamente a soma das refrações molares dos "grupos de elétrons" nela existentes. Por exemplo, para a molécula de etanol ($\text{HCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), $\text{RM} = \text{RM}(\text{H}) + 2\text{RM}(\text{CH}_2)$

Aula 3

Distribuição de um sólido entre dois líquidos imiscíveis

Objetivos

Determinar o coeficiente de partição do ácido benzóico entre água e cicloexano e comprovar a validade da lei de distribuição de Nernst.

Parte Experimental

1. Material necessário por grupo

➤ Produtos Químicos

- ✓ Ácido benzóico
- ✓ Cicloexano
- ✓ Água
- ✓ Solução 0,1 mol L⁻¹ de NaOH
- ✓ Fenolftaleína

➤ Equipamentos e vidraria

- ✓ Funil de separação de 50 mL ou 100 mL
- ✓ Suporte metálica com garra circular
- ✓ Provetas
- ✓ Pipetas
- ✓ Peras de sucção
- ✓ Erlenmeyer
- ✓ Bureta
- ✓ Becker
- ✓ Termômetro

2. Procedimento experimental

I. Preparativos iniciais

Prepare uma bureta de 25 mL ou 50 mL, fixa em um suporte metálico, contendo uma solução $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ de NaOH.

Observe a montagem a ser utilizada para a determinação experimental do coeficiente de partição do ácido benzóico entre água e cicloexano, apresentada na Figura 3.1.

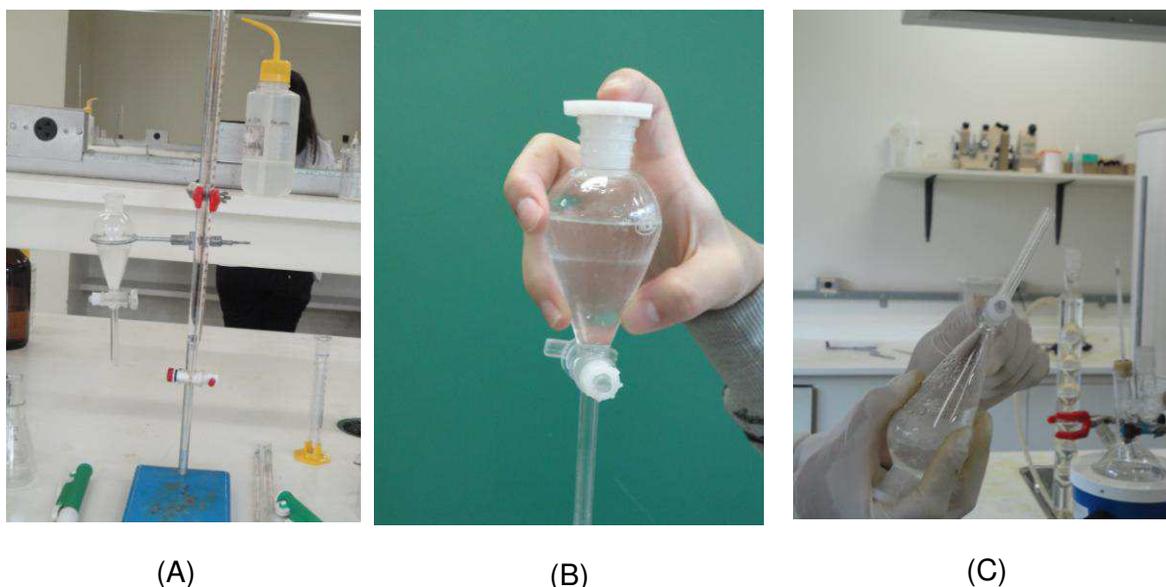


Figura 3.1: Montagem para a determinação do coeficiente de partição do ácido benzóico entre água e cicloexano.

I. Procedimento

- Meça a temperatura ambiente pela leitura da temperatura da água colocada em um Becker e deixada em repouso por alguns minutos.
- Coloque em 6 funis de separação limpos, secos e numerados, 25 mL de água destilada e 25 mL de cicloexano.

- c) Adicione cerca de 0,10 (funil 1), 0,15 (funil 2), 0,20 (funil 3), 0,25 (funil 4), 0,30 (funil 5) e 0,35 (funil 6) de ácido benzóico em cada um dos funis de separação, respectivamente.
- d) Tampe e agite os funis durante 5 a 8 minutos. Tenham o cuidado para não aquecer os líquidos com o calor das mãos. Também, abra regularmente a torneira dos funis (com a sua haste virada para cima, ver Fig. 3.1(C)), para eliminar vapor em excesso formado no seu interior.
- e) Deixe os funis em repouso até que as fases se separem completamente, ver Fig. 3.1 (B). A fase aquosa irá se acomodar na parte inferior do funil.
- f) Colete cuidadosamente em um becker aproximadamente 20 mL da fase aquosa.
- g) Transfira 3 alíquotas de 5 mL da fase aquosa para 3 erlenmeyers. Adicione 25 mL de água destilada e uma gota de fenolftaleína em cada desses erlenmeyers.
- h) Titule as amostras coletadas da fase aquosa com a solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹. Anote os volumes do hidróxido de sódio gasto.
- i) Descarte o volume remanescente da fase aquosa ainda presente no funil de separação em um Becker. Descarte também a interface entre a fase aquosa e a fase orgânica presente no funil de separação,
- j) Colete cuidadosamente em um becker aproximadamente 20 mL da fase orgânica.
- k) Transfira 3 alíquotas de 5 mL da fase orgânica para novos 3 erlenmeyers. Adicione 25 mL de água destilada e uma gota de fenolftaleína em cada desses erlenmeyers.
- l) Titule as amostras coletadas da fase orgânica com a solução de NaOH 0,1 mol L⁻¹. Anote os volumes do hidróxido de sódio gasto.

II. Análise dos resultados obtidos

Com os volumes médios dos volumes de NaOH gastos para as titulações da fase aquosa e orgânica, respectivamente, calcule as concentrações do ácido benzóico presentes em cada uma dessas fases líquidas. Sejam C_A e C_O as concentrações de ácido benzóico encontradas nas fases aquosa e orgânica, respectivamente. Com esses dados,

- a) Construa um gráfico do logaritmo (base 10) de C_A em função do logaritmo (base 10) de C_O . Este gráfico deve se ajustar a uma reta com equação geral

$$\log(C_A) = n \log(C_O) + \log(K),$$

para algum número n , inteiro e positivo.

- b) Através do gráfico construído no item anterior, determine o número n e a constante K que aparecem na reta que deve representar os resultados experimentais.
- c) A constante K obtida no item anterior depende da temperatura do experimento? Justifique a resposta dada.
- d) Dê uma interpretação físico-química para a constante K e o número n determinados no item (b).
- e) Explique, do ponto de vista microscópico e utilizando os argumentos das teorias das interações solvente-soluto que existem em uma solução, a razão provável para o valor do número n encontrado neste experimento.

Aula 4

Equilíbrio sólido-líquido: misturas eutéticas

Objetivos

Determinar o comportamento térmico do resfriamento, até o estado sólido, de misturas líquidas de naftaleno-difenilamina para várias proporções desses dois componentes. Construir o diagrama de equilíbrio de fase sólido-líquido para o sistema binário naftaleno-difenilamina.

Parte Experimental

1. Material necessário por grupo

➤ Produtos Químicos

- ✓ Naftaleno
- ✓ Difenilamina

➤ Equipamentos e vidraria

- ✓ Tubo de ensaio de diâmetro aproximadamente de 2 cm.
- ✓ Rolha com furo central e fenda lateral
- ✓ Suporte metálico com garra
- ✓ Termômetro com haste metálica, com graduação em décimo do grau
- ✓ Cronômetro
- ✓ Banho térmico

2. Procedimento experimental

I. Preparativos iniciais

Diferentes amostras de misturas sólidas de naftaleno-difenilamina são preparados em diferentes tubos de ensaio (resistentes ao calor), As proporções desses dois componentes são mostradas na Tabela 4.1.

Os tubos de ensaio são tampados com rolhas contendo um furo central que pode ser atravessado pela haste metálica de um termômetro (de haste metálica). Na fenda lateral da rolha, um agitador mecânico (um fio de arame rígido) é colocado, ver Figura 4.1(B). Este agitador deverá, obviamente, permanecer mergulhado na amostra.

Tabela 4.1: Composição para diferentes amostras de misturas de naftaleno-difenilamina.

Amostra	Massa de naftaleno (g)	Massa de difenilamina (g)
1	10,0	0,0
2	8,0	2,0
3	6,0	4,0
4	4,0	6,0
5	3,0	7,0
6	2,0	8,0
7	0,0	10,0

Observe a montagem a ser utilizada para a realização da análise térmica das misturas naftaleno-difenilamina, apresentada na Figura 4.1.

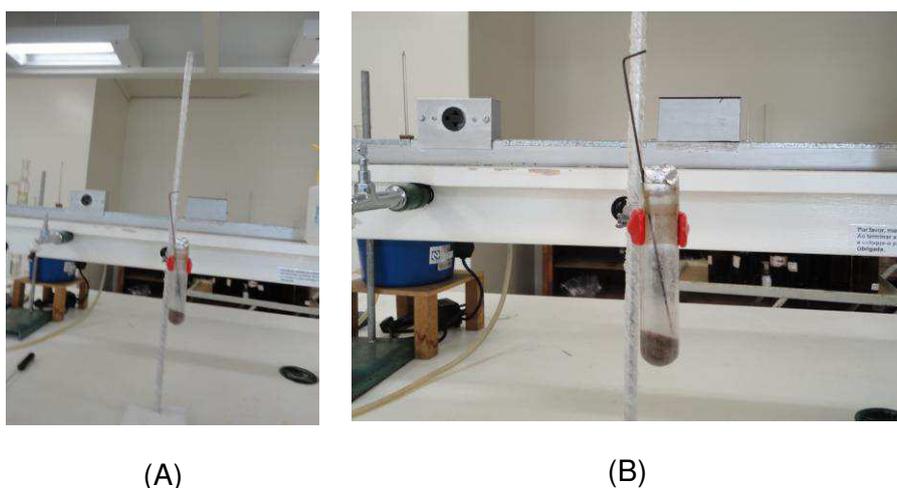


Figura 4.1: Montagem para a análise térmica de misturas de naftaleno-difenilamina.

II. Procedimento

- a) Aqueça as misturas sólidas naftaleno-difenilamina em um banho térmico até aproximadamente 90° C, agitando regularmente a mistura. prossiga com o aquecimento até que seja verificado a completa fusão dos sólidos.
- b) Com a fusão completa, retire o tudo do banho térmico e fixe-o em um suporte. Leia, e anote, esta temperatura do sistema. Simultaneamente registre dispare o cronômetro e registre o tempo da leitura da primeira temperatura como o tempo 0 (zero).
- c) Mantenha a agitação mecânica na mistura e faça novas leituras de temperatura a cada 30 segundos transcorridos. Registre os valores dessas temperaturas e os tempos transcorridos. Continue com essas leituras de temperaturas até 2 a 3 minutos após a solidificação completa da amostra tenha sido observada.

III. Análise dos resultados obtidos

Construa as curvas de resfriamento para as amostras estudadas, fazendo um único gráfico com os sete respectivos conjuntos de temperaturas e tempos de resfriamento anotados para as sete amostras.

Com as curvas de resfriamento obtidas, determine

- a) os pontos de fusão (equivalente os pontos de solidificação) de cada mistura investigada.
- b) A temperatura eutética do sistema naftaleno-difenilamina
- c) Construa o diagrama de fase do sistema naftaleno-difenilamina, com os pontos de fusão obtidos no ítem (a) e as composições de cada mistura expressas em %m/m do naftaleno ou sua fração molar.
- d) Marque no diagrama de fase construído no item (c), as regiões que correspondem à mistura no estado sólido e líquido. Identifique as regiões do diagrama de fase que corresponde ao equilíbrio de fase da mistura sólidas (rica no naftaleno)-líquido e das mistura sólida (rica em difenilamina)-líquido.
- e) Identifique no diagrama de fase naftaleno-difenilamina o ponto eutético da mistura.
- f) Determine a composição da mistura eutética do sistema.
- g) O que é uma mistura eutética?
- h) Por que a velocidade de resfriamento diminui com a solidificação de um dos componentes da mistura naftaleno-difenilamina? Este comportamento deve ser observado para outras misturas sólidas?

Análise Refratométrica (Refratometria)

1. Introdução:

Quando um raio de luz monocromático passa de um meio transparente para outro ele é refratado (Fig. 1).

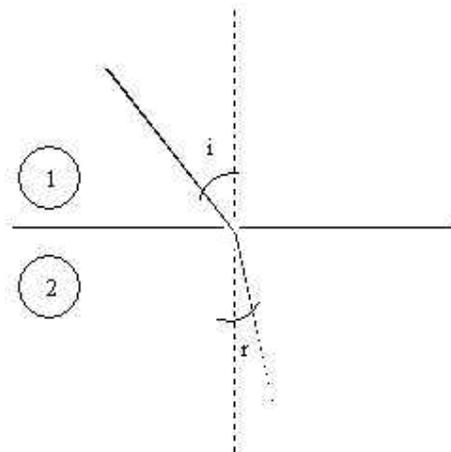


Figura 1. Representação esquemática da refração da luz.

A razão, n , dos senos dos ângulos de incidência (i) e de refração (r) é constante, sob um dado conjunto de condições, e igual à razão das velocidades da luz nos dois meios (eq. 1).

$$n_{12} = \frac{\text{sen}(i)}{\text{sen}(r)} = \frac{v_1}{v_2} \quad (1)$$

A eq. (1) representa a lei de Snell e n_{12} corresponde ao índice de refração do meio 2 em relação ao meio 1. O ângulo r aumenta com o ângulo i , e atinge o seu valor máximo, ângulo crítico ou limite, quando o raio de luz incidente for horizontal, $i=90^\circ$. De modo a tornar n uma constante característica de cada substância, v_1 é referida à velocidade da luz no vácuo ($v_1=c$) e como esta velocidade é máxima, o índice de refração é sempre maior do que 1. Por questões de simplicidade tecnológica, usualmente o ar é escolhido como meio de referência, e para se obter o valor real do índice de refração da substância, deve-se multiplicar o índice de refração medido (em relação ao ar) por 1,0003 que é a relação $v_{\text{vácuo}}/v_{\text{ar}}$, para $\lambda = 589\text{nm}$ (luz amarela do sódio) a 1 atm e 20°C .

O índice de refração depende da temperatura, da pressão, da natureza físico-química da substância e do comprimento de onda da luz incidente. Tratando-se de uma solução, o índice de refração depende também da sua concentração. Conseqüentemente, medidas de índice de refração podem ser utilizadas para identificar substâncias puras e para determinar a composição de misturas binárias.

A refração molar (RM) de uma substância é calculada pela seguinte relação:

$$\text{RM} = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{M}{\rho} \quad (2)$$

onde n corresponde ao índice de refração e M e ρ a massa molecular e densidade, respectivamente. RM é praticamente independente da temperatura e da pressão, dependendo apenas do comprimento de onda e da natureza da substância. A refração molar de uma substância é aproximadamente a soma das refrações molares dos "grupos de elétrons" nela existentes. Por exemplo, para a molécula de etanol ($\text{HCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$), $\text{RM} = \text{RM}(\text{H}) + 2\text{RM}(\text{CH}_2)$

+ RM(OH). Portanto, a refração molar é uma propriedade aditiva e constitutiva e com dimensões de volume molar, expressa em $\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$.

2. Aparelhagem:

A mediada do índice de refração é feita em refratômetros e um dos mais usados é o refratômetro de Abbe (Fig. 2). Nestes aparelhos, o índice de refração, para a luz amarela do sódio (linha D), é lido diretamente usando luz branca e apenas algumas gotas do líquido em estudo. A luz branca é passada, com ângulo crítico de incidência, do meio cujo índice de refração se deseja medir para um prisma de vidro de índice de refração elevado e conhecido. A luz emergente passa por um conjunto de prismas especiais, prismas de Amici, que separam, da luz branca, a correspondente à linha D do sódio. Esta luz, assim selecionada, é dirigida através de uma luneta até uma ocular onde existe um retículo. A incidência de 90° é obtida quando o campo de observação da ocular se apresenta dividido em duas partes, clara e escura, cuja separação coincide exatamente com a interseção das linhas do retículo. Atingida esta condição, o índice de refração entre 1,300 e 1,700 é lido na escala do aparelho.

Com a finalidade de tornar mais nítida e sem cores a linha de separação entre as partes clara e escura do campo de observação, os prismas de Amici são girados, simultaneamente e em direções opostas, de modo a produzir uma dispersão da luz igual e oposta à produzida pelo líquido em estudo.

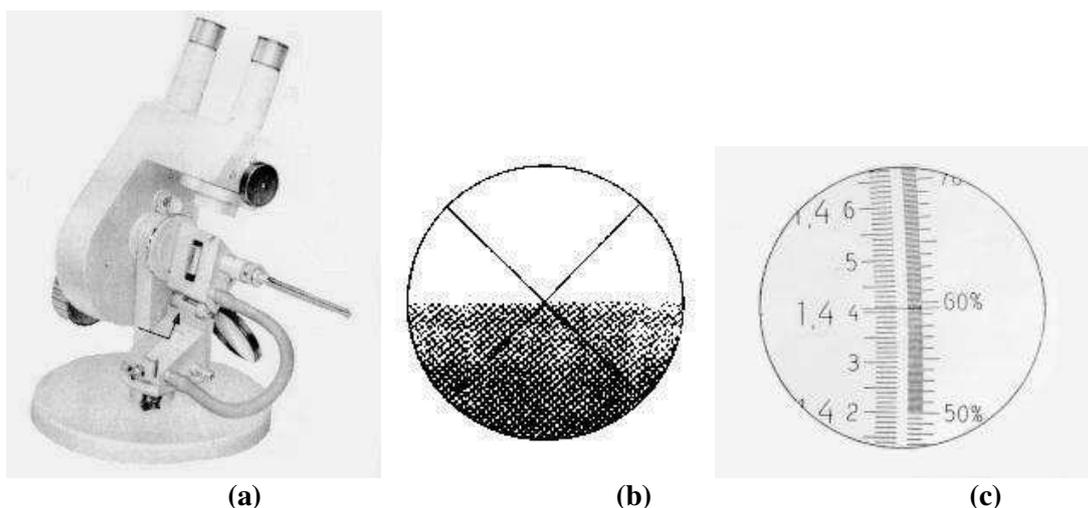


Figura 2: (a) refratômetro de Abbe; (b) campo visual da ocular; (c) campo visual do microscópio de leitura.

3. Objetivo:

- 3.1. Determinar o índice de refração de vários líquidos orgânicos de uma série homóloga de álcoois e de um hidrocarboneto, a fim de se calcular a refração molar dos grupos -H, -CH₂-, -OH.
- 3.2. Determinar o índice de refração de uma mistura binária em proporções conhecidas, construir a curva-padrão do índice de refração em função da concentração e utilizá-la na obtenção da concentração de uma mistura problema.

4. Material:

Refratômetro de Abbe, pipetas graduadas, tubos de ensaio, metanol, etanol, 1-butanol, n-hexano, mistura de acetona-clorofórmio de frações molares de 0,0 a 1,0.

5. Resultados a apresentar:

5.1. Preencher a Tabela I com os valores dos índices de refração (n) medidos e das refrações molares (RM) calculadas pela equação 2.

Tabela I: Análise dos dados experimentais

Substância	M (g/mol)	ρ (g/cm ³)	n	RM (cm ³ /mol)
Metanol	32,04	0,7961		
Etanol	46,07	0,7891		
1-butanol	74,12	0,8098		
n-hexano	86,17	0,6605		

5.2. Utilizando os valores do índice de refração (n) da Tabela I e as propriedades aditivas e constitutivas da refração molar, determinar RM para os grupos -H, -CH₂- e -OH. Escrever as expressões para cada situação e preencher a Tabela II.

Tabela II: Valores de RM para os grupos -CH₂-; -H e -OH

Grupo	RM _{calc} (cm ³ /mol)	RM ^{literatura} (cm ³ /mol)	Desvio (%)
-CH ₂ -		4,62	
-H		1,10	
-OH		2,63	

5.3. Utilizando as densidades do cicloexano (ciclo) e do isopropanol (isop) (obtidas da literatura; consultar Handbook) e os volumes da Tabela III, determinar a fração molar (χ_{isop}) do isopropanol em cada frasco. Preencher a Tabela III com os valores χ_{isop} e do índice de refração medidos.

Tabela III: Curva de calibração da mistura cicloexano e isopropanol.

Amostra	V _{ciclo} / mL	V _{isop} / mL	χ_{isop}	N
1	10	0		
2	9	1		
3	8	2		
4	7	3		
5	6	4		
6	5	5		
7	4	6		
8	3	7		
9	2	8		
10	1	9		
11	0	10		
X				

1. Utilizando os valores de n e χ_{isop} da Tabela III, construir a curva padrão n x χ_{isop} .
2. Determinar a composição da mistura problema, identificada como X na Tabela III (coluna Amostra).

Aula Prática 6 - Misturas Ternárias (diagrama de três fases)

1. Introdução:

A diversidade de possíveis estruturas moleculares e interações intermoleculares permite que duas substâncias imiscíveis B e C sejam totalmente miscíveis, quando na presença de certa quantidade da A. A observação experimental indica que capacidade de A, de solubilizar e ser solúvel tanto em B quanto em C, leva geralmente à possibilidade de formar soluções contendo A, B e C ao menos para certas proporções entre essas três substâncias.

Nesta experiência, o papel da substância A será feito pelo ácido acético e as substâncias B e C serão água e o tolueno. Essa escolha é feita porque o ácido acético é completamente solúvel em água e em tolueno, sendo ambos, líquidos parcialmente miscíveis. Serão testadas as possíveis proporções onde a mistura de água, tolueno e ácido acético formem uma solução. Para isso, são misturados água e tolueno em diferentes proporções, formando misturas bifásicas. Essas misturas serão tituladas com ácido acético até que toda a turbidez desapareça e sejam formadas soluções. A quantidade de ácido acético será anotada e poderão ser calculadas as porcentagens dos componentes para os “pontos de virada”.

2. Objetivo:

Construir experimentalmente o diagrama de fase ternário a T e p, para o sistema ácido acético, tolueno e água, indicando a curva de solubilidade.

3. Material:

Três erlenmeyers; bureta, garra; suporte; pipetas graduada e volumétrica; luminária (para melhor visualização); reagentes: água destilada; ácido acético glacial e tolueno.

4. Procedimento:

- 4.1. Os erlenmeyers devem estar limpos e secos para a adição de tolueno e água conforme indicado na Tabela I.
- 4.2. Titular com ácido acético até que a mistura turva se torne uma solução límpida. Após cada virada, deve ser adicionada a quantidade de água indicada na Tabela I e feita nova titulação. Todo o líquido resultante da titulação anterior deve ser mantido no erlenmeyer para a nova titulação. A coluna com quantidade de ácido acético na Tabela I deve ser completada com o volume de ácido gasto em cada titulação.

Importante: Esta experiência deve ser feita na capela.

5. Resultados a apresentar:

5.1. Tabela I preenchida.

5.2. Construir a Tabela II a partir dos dados contidos na Tabela I com os percentuais em volume de água tolueno e ácido acético para o ponto de virada de cada titulação.

5.3. Desenhar um diagrama triangular, onde os três lados do triângulo sejam os percentuais (em volume) dos constituintes das misturas (0 a 100%) e os pontos inseridos correspondam às proporções entre os constituintes nas viradas das titulações.

Tabela I: Quantidade de tolueno, água e ácido acético adicionados em cada titulação.

Erlenmeyer	Titulação	Tolueno (mL)	Água (mL)	HAc (mL)	Vol. Total (mL)
E1	1	5	2,0		
	2	-	+2,0		
	3	-	+3,0		
	4	-	+4,0		
	5	-	+5,0		
	6	-	+6,0		
E2	7	2	25,0		
	8	-	+25,0		
	9	-	+25,0		
	10	-	+25,0		
	11	-	+25,0		
	12	-	+25,0		
E3	13	20	0,5		
	14	-	+0,5		
	15	-	+0,5		
	16	-	+0,5		
	17	-	+1,0		
	18	-	+1,0		