

Caro(a) aluno(a),

Os conhecimentos produzidos pela humanidade ao longo da história encontram-se registrados em textos orais e escritos, nas artes, nas ciências. Os conteúdos escolares são planejados de modo a ajudá-lo a compreender parte desses conhecimentos na expectativa de que você possa, a partir deles, construir novos conhecimentos, criar formas solidárias de convivência, respeitar valores, preservar o meio ambiente e o planeta.

No caso de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, as aulas e as atividades escolares são fundamentais para que você possa compreender como os conhecimentos de Física, Química e Biologia se apresentam no cotidiano: na investigação dos materiais, das substâncias, da vida e do cosmo, na agropecuária, na medicina, na extração e no processamento de minérios, na produção de energia e de alimentos, entre tantas outras aplicações.

O objetivo das Situações de Aprendizagem é apresentar esses conhecimentos de forma contextualizada para que sua aprendizagem seja construída como parte de sua vida cotidiana e do mundo ao seu redor. Logo, as atividades propostas não devem ser consideradas apenas como exercícios de memorização de um conjunto de símbolos e nomes desconexos do mundo que nos cerca.

Portanto, estudar as Ciências da Natureza e suas Tecnologias é também valorizar o ser humano. As aulas o ajudarão a compreender que por meio do conhecimento é possível transformar e aprimorar o que já existe, buscando criar condições para a melhoria da qualidade de vida.

Aprender exige esforço e dedicação, mas também envolve curiosidade e criatividade, que estimulam a troca de ideias e conhecimentos. Por isso, sugerimos que você participe das aulas, fique atento às explicações do professor, faça anotações, procure respostas e dê sua opinião. Se as tarefas inicialmente lhe parecerem excessivas, sugerimos que você priorize algumas delas e faça um pouco por dia para que os exercícios não se acumulem.

Assuma o compromisso de finalizar as tarefas, uma vez começadas. Não tenha receio de expor ao professor e aos colegas suas dúvidas e dificuldades, porque a troca de ideias é fundamental para a construção do conhecimento. Errar também faz parte do aprendizado. Portanto, peça ajuda ao professor e aos colegas sempre que considerar a tarefa muito difícil.

Elabore uma agenda para fazer seus trabalhos e atividades. Escolha um lugar adequado, onde você não se distraia quando estiver fazendo as tarefas. Estabeleça objetivos e comece pelos trabalhos mais exigentes. Faça breves intervalos durante o estudo para não ficar exausto.

Esperamos que, assim, você se sinta realizado e recompensado e possa refletir sobre o quanto aprendeu com este Caderno.

Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas – CENP  
Secretaria da Educação do Estado de São Paulo  
Equipe Técnica de Ciências da Natureza





## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 1

### A ATMOSFERA PODE SER CONSIDERADA UMA FONTE DE MATERIAIS ÚTEIS PARA O SER HUMANO?

Como você já sabe, o ar atmosférico é composto de vários gases, principalmente nitrogênio e oxigênio. Você sabe o que extraímos do ar atmosférico para uso direto? Você saberia dizer como essas substâncias são extraídas e como podem ser utilizadas? A leitura dos textos a seguir pode ajudá-lo a responder a essas perguntas.



#### Leitura e Análise de Texto

##### Composição do ar atmosférico – Parte I

Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto e Maria Fernanda Penteado Lamas

O ar atmosférico, o ar que nos rodeia, por ser transparente e muitas vezes inodoro, é tido como um nada, como um espaço vazio. Mesmo quando o vento sopra, quando ouvimos notícias sobre furacões, quando as previsões do tempo apresentam falas como “Uma massa de ar fria vinda do litoral deverá atingir a costa...”, não pensamos no ar como matéria, como uma mistura de gases.

Em hospitais, pacientes com dificuldades respiratórias utilizam máscaras de oxigênio. Em algumas dessas máscaras, o ar atmosférico, ao ser enriquecido com diferentes quantidades de gás oxigênio, pode assegurar até 100% de pureza. A escolha da composição do ar oferecido é indicada para que haja uma oxigenação adequada às necessidades de cada paciente. O gás oxigênio é comercializado em cilindros.

Nas aulas de Ciências, aprendemos que o ar atmosférico é composto especialmente de gases nitrogênio e oxigênio. A tabela a seguir apresenta dados sobre a composição média do ar seco, assim como as temperaturas de ebulição dos componentes do ar à pressão de 1 atmosfera.

Composição do ar atmosférico seco e propriedades de seus constituintes à pressão de 1 atm			
Componente	Volume (%)	Temperatura de ebulição (°C)	Temperatura de fusão (°C)
<b>Nitrogênio</b>	78,08	-196	-210
<b>Oxigênio</b>	20,95	-183	-219
<b>Argônio</b>	0,934	-186	-189
<b>Neônio</b>	0,001818	-246	-249
<b>Hélio</b>	0,0005239	-269	-272*
<b>Hidrogênio</b>	0,00005	-253	-259
<b>Xenônio</b>	0,0000086	-107	-112
<b>Criptônio</b>	0,0001139	-153	-157

\* A temperatura de fusão do hélio é determinada a 26 atm.

GEPEQ - Grupo de Pesquisa em Educação Química (org.). *Interações e transformações*. Química para o Ensino Médio. Guia do Professor. Química e sobrevivência: atmosfera, fonte de materiais. São Paulo: Edusp, 2000, v. III, p. 54.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

Você deve ter notado que as temperaturas de fusão e de ebulição dos gases presentes na atmosfera são negativas à pressão ambiente. Vamos refletir um pouco sobre esses valores.

1. O que é temperatura de ebulição?

---

---

2. Para uma mesma substância a uma dada pressão, o valor da temperatura de ebulição é igual ao valor da temperatura de liquefação, ou seja,  $T_E = T_L$ . Explique a razão de, às vezes, usarmos a expressão “temperatura de ebulição” e, às vezes, usarmos “temperatura de liquefação”.

---

---

---

---

---

3. A temperatura de ebulição do nitrogênio, de acordo com a tabela anterior, é de  $-196\text{ }^\circ\text{C}$ . A uma temperatura de  $-200\text{ }^\circ\text{C}$ , o nitrogênio encontra-se em que estado físico?

---

4. A  $-190\text{ }^\circ\text{C}$  e à pressão de 1 atm, quais componentes do ar estão no estado sólido, quais estão no estado líquido e quais estão no estado gasoso?

---

---

---



### Leitura e Análise de Texto

#### Composição do ar atmosférico – Parte II

Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto e Maria Fernanda Penteadó Lamas

Do ar atmosférico são obtidos os gases industriais nitrogênio, oxigênio, argônio, neônio, criptônio e xenônio por um processo chamado destilação fracionada. O primeiro passo para a separação dos gases atmosféricos é a liquefação deles. Em seguida, a mistura vai sendo aquecida e seus componentes são separados com base em suas temperaturas de ebulição.

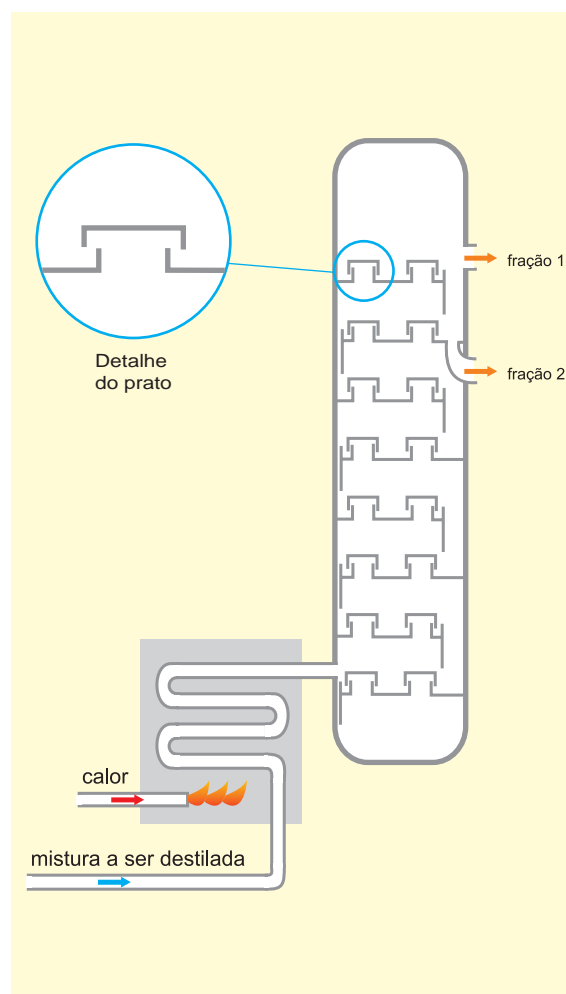
Quando as temperaturas de ebulição de duas ou mais substâncias líquidas voláteis são muito próximas, uma destilação simples não é suficiente para separá-las, pois a fração obtida (o destilado

gasoso) é uma mistura de gases mais rica nos componentes com menores temperaturas de ebulição, ou seja, mais rica nos componentes mais voláteis. Ao se observar a tabela da página 3, pode-se perceber que as temperaturas de ebulição do oxigênio, do argônio e do nitrogênio, por exemplo, são próximas. Para separar esses gases após sua liquefação, é usado um processo chamado destilação fracionada.

Inicialmente, vamos entender como são realizadas destilações fracionadas de uma mistura que já se apresenta como líquida à temperatura e pressão ambientes – do petróleo ou do alcatrão da hulha, por exemplo – em uma coluna de fracionamento. Esse tipo de coluna possui vários pratos horizontais, localizados em diferentes alturas, que se intercomunicam conforme mostrado no esquema. Como o aquecimento é feito pela base da coluna, quanto mais alto estiver localizado o prato, menor será sua temperatura. À medida que a mistura a ser separada é aquecida, seus componentes vão se gaseificando e sobem pela coluna. A composição do vapor será mais rica no componente mais volátil, ou seja, no componente com a menor temperatura de ebulição.

Quando os gases encontram um prato a uma temperatura igual ou menor que suas temperaturas de ebulição, liquefazem-se e escorrem para um prato inferior, que possui uma temperatura mais alta, pois está mais próximo à fonte de calor. Nesse prato, parte da mistura se gaseifica novamente, e essa fração gasosa, ainda mais rica no componente mais volátil, sobe novamente para o prato superior, e o processo vai se repetindo. Dessa maneira, as frações gasosas vão se enriquecendo cada vez mais com o componente mais volátil, e, por isso, em diferentes alturas da coluna podem ser obtidos gases bastante puros.

A separação dos gases presentes no ar atmosférico segue esse processo de fracionamento e exige, no entanto, um equipamento um pouco diferente, dado que o ar se liquefaz a temperaturas muito mais baixas que a do ambiente. Para que a destilação fracionada se processe a temperaturas muito mais baixas que a temperatura ambiente, são usadas duas colunas acopladas, com controle externo de temperatura; essas frações são obtidas por aquecimentos e resfriamentos sucessivos, e os componentes são separados no estado líquido.



Esquema de uma coluna de fracionamento.

Adaptado de: GEPEQ - Grupo de Pesquisa em Educação Química (org.). *Interações e transformações*. Química para o Ensino Médio. Guia do Professor. Química e sobrevivência: atmosfera, fonte de materiais. São Paulo: Edusp, 2000, v. III, p. 54.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

5. Embora o gás hélio esteja presente no ar atmosférico e em uma quantidade maior que a dos gases criptônio e xenônio, comercialmente é obtido de jazidas subterrâneas de gás natural. Procure dar uma explicação para esse fato.

---



---



---

6. Em uma torre de destilação fracionada do ar, o nitrogênio deve ser obtido em um prato situado acima do prato de onde sai o oxigênio. Procure dar uma explicação para essas posições.

---



---



---



LIÇÃO DE CASA



O ar atmosférico é considerado fonte de materiais úteis ao ser humano. Segundo o texto, quais seriam esses materiais? Qual é a utilidade deles para o ser humano? Como são obtidos? Siga as orientações do professor para fazer uma pesquisa e responder a essas perguntas. Utilize a tabela a seguir para sintetizar as informações sobre os gases que você e seus colegas pesquisaram.

Gás	Métodos de obtenção industrial	Usos
Oxigênio (O <sub>2</sub> )		
Nitrogênio (N <sub>2</sub> )		
Argônio (Ar)		
Neônio (Ne), criptônio (Kr) e xenônio (Xe)		



## PESQUISA INDIVIDUAL

**Como explicar as diferentes temperaturas de ebulição dos gases que compõem a atmosfera?**

Para explicar as diferentes temperaturas de ebulição dos gases atmosféricos, teremos como base as ideias de forças interpartículas já estudadas nos volumes 2 e 3 da 2ª série.

Inicialmente, devemos considerar que os gases hélio, neônio, argônio, criptônio e xenônio são monoatômicos e que os gases nitrogênio, oxigênio e hidrogênio são moléculas diatômicas. Devemos também levar em conta que, no estado gasoso, as partículas praticamente não interagem. Já no estado líquido, há interações entre elas.

Pesquise informações sobre forças intermoleculares em livros didáticos, em suas anotações feitas na 2ª série e em outras fontes e responda às questões apresentadas:

1. Explique: “as moléculas de nitrogênio, oxigênio e de hidrogênio são apolares”.

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Como explicar que, a uma mesma pressão, o gás oxigênio se liquefaça a uma temperatura mais alta que o gás hidrogênio?

---

---

---

---

---

---

---

---



*O que eu aprendi...*

A large rectangular area with a grey border, containing horizontal dashed lines for writing. On the right side, there are two sets of three circular punch holes, one set near the top and one set near the bottom.







## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 2

### ESTUDO DA SÍNTESE E DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DA AMÔNIA A PARTIR DOS GASES NITROGÊNIO E HIDROGÊNIO

Nesta Situação de Aprendizagem você vai estudar a importância do controle das condições externas – pressão e temperatura – em uma transformação química para que ela seja economicamente viável. Para tanto, será apresentado o processo de obtenção industrial da amônia desenvolvido por Haber na Alemanha, pouco antes do início da I Guerra Mundial. Esse estudo ainda vai permitir reflexões sobre as influências das necessidades sociais, políticas e econômicas vigentes no desenvolvimento científico e tecnológico.

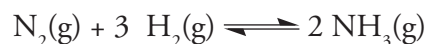


#### Leitura e Análise de Texto

#### Produção industrial da amônia pelo processo Haber-Bosch – Parte I

Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto e Maria Fernanda Penteadó Lamas

Desde o fim do século XVIII já se sabia que a amônia é formada a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio na proporção de 3:1 e que podia ser obtida pela reação representada por



Na Europa do início do século XX, a amônia era matéria-prima na fabricação de compostos nitrogenados, indispensáveis para que a produção agrícola fosse suficiente para alimentar a todos. Compostos nitrogenados também eram usados na indústria bélica. Esses compostos eram obtidos a partir do salitre ( $\text{NaNO}_3$ ) proveniente de minas do Chile. Em 1900, o Chile exportou 1 milhão de toneladas de salitre, das quais 1/3 foi destinado à Alemanha. Alguns anos mais tarde, a exportação anual do Chile ultrapassou 2,5 milhões de toneladas. Além do problema do Chile poder fixar os preços do salitre, havia o perigo da exaustão de suas minas e, em decorrência, haveria o declínio das exportações e a fome. Vários países europeus buscaram desenvolver métodos para sintetizar compostos nitrogenados a partir do gás nitrogênio, abundante na atmosfera. Alguns processos foram desenvolvidos, porém consumiam muita energia e produziam pouca amônia. A Alemanha também estava empenhada em desenvolver um método de obtenção de amônia que usasse como matéria-prima o nitrogênio do ar. Isso lhe garantiria autonomia na obtenção dessa substância, autonomia crucial se levarmos em conta o momento histórico pelo qual passava a Europa: vésperas da I Guerra Mundial.

Já se sabia que a síntese da amônia aparentemente não se completava, pois, empregando-se quantidades estequiométricas de hidrogênio e de nitrogênio, havia um momento em que a quantidade de amônia formada parecia ter alcançado o limite máximo. Alcançado esse limite, se a temperatura e a pressão permanecessem constantes e o sistema fosse mantido fechado, junto à amônia formada coexistiria uma certa quantidade dos gases nitrogênio e hidrogênio que, aparentemente, não reagiria. Ao limite máximo de produto formado se dá o nome de “extensão da transformação química”.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

#### Questões para análise do texto

1. Na tabela é apresentado um exemplo de quantidades envolvidas na síntese da amônia a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio realizada em sistema fechado, em uma determinada condição

de pressão e de temperatura. Lembrando que a equação balanceada que representa a síntese da amônia é  $\text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{H}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NH}_3(\text{g})$ , faça uma previsão teórica de quanta amônia deveria ser formada com base na equação balanceada e complete a tabela.

	Estado inicial		Estado final		
	Reagentes (mol)		Produto formado (mol)	Reagentes não transformados (mol)	
	$\text{N}_2$	$\text{H}_2$	$\text{NH}_3$	$\text{N}_2$	$\text{H}_2$
<b>Previsão teórica (estequiométrica)</b>	100,00	300,00		0,00	0,00
<b>Realidade</b>	100,00	300,00	135,00	32,50	97,50

Tabela que apresenta as previsões teóricas de produtos (de acordo com a estequiometria da transformação química) e as quantidades obtidas experimentalmente a uma determinada condição de pressão e de temperatura.

Adaptada de: GEPEQ - Grupo de Pesquisa em Educação Química (org.). *Interações e transformações*. Química para o Ensino Médio. Livro do Aluno. Reelaborando conceitos sobre transformações químicas: cinética e equilíbrio. São Paulo: Edusp, 1995, v. II. p. 25.

2. Observe o que ocorreu na realidade: formou-se toda a amônia que se esperava de acordo com a previsão teórica?

---



---

3. Que gases estão presentes no sistema depois da transformação química ter atingido seu limite máximo, sua extensão máxima?

---



---



### Saiba mais

Em um sistema fechado, a uma determinada condição de pressão e de temperatura, e colocando-se quantidades estequiométricas de reagentes, podem ocorrer transformações químicas, como a de síntese da amônia a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio, que atingem uma extensão máxima onde coexistem reagentes e produtos. Essas quantidades não se modificam ao ser mantidas as condições de pressão e de temperatura e se o sistema for mantido fechado. O rendimento obtido nesses tipos de transformação química é menor que o previsto teoricamente, ou seja, é menor que o calculado pela estequiometria da reação. Diz-se que essas são transformações que entraram em um estado de equilíbrio químico.



LIÇÃO DE CASA



1. Na reação de combustão de certa quantidade de álcool etílico (etanol), a previsão teórica da quantidade de produtos formados é confirmada na prática. Pode-se dizer que essa é uma transformação química que entra em equilíbrio químico? Explique.

---

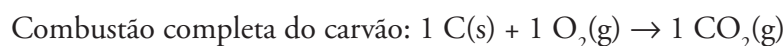


---



---

2. A seguir são apresentados dados hipotéticos (obtidos em determinadas pressão e temperatura) relativos às quantidades de produtos formados nas transformações químicas da combustão completa do carvão e da formação do tetróxido de dinitrogênio. As medidas foram colhidas até que as quantidades de produtos e de reagentes não se alterassem mais.



Transformação	Previsão teórica (estequiométrica)				Realidade			
	Reagentes (mol)		Produtos (mol)	Reagentes não transformados	Reagentes (mol)		Produtos (mol)	Reagentes não transformados (mol)
<b>Combustão completa do carvão</b>	10 C(s)	10 O <sub>2</sub> (g)	10 CO <sub>2</sub> (g)	0	10 C(g)	10 O <sub>2</sub> (g)	10 CO <sub>2</sub> (g)	0
<b>Formação do tetróxido de dinitrogênio</b>	10 NO <sub>2</sub> (g)		5 N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	0	10 NO <sub>2</sub> (g)		3 N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (g)	4 NO <sub>2</sub> (g)

Analise os dados da tabela e responda: alguma dessas reações atingiu o equilíbrio químico? Justifique.

---



---



---



---



## Leitura e Análise de Texto

### Produção industrial da amônia pelo processo Haber-Bosch – Parte II

Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto e Maria Fernanda Penteado Lamas

© Hulton Archive/Getty Images



Fritz Haber.

Fritz Haber (1868-1934), um químico nascido na Polônia, estudou e trabalhou na Alemanha onde buscou desenvolver um processo de obtenção do gás amônia, a partir dos gases nitrogênio e hidrogênio. O processo deveria permitir a produção de amônia em escala industrial e ser economicamente viável. Haber fez reagir hidrogênio e nitrogênio gasosos na proporção de 3:1 a diferentes temperaturas. Constatou que:

- Em temperaturas mais baixas, a transformação ocorria mais lentamente, mas se obtinham maiores quantidades de amônia. Por exemplo, a cerca de 100 °C (temperatura considerada baixa para o processo da síntese da amônia), obtinha-se uma quantidade apreciável de amônia, mas o tempo gasto era muito grande. Dessa maneira, a obtenção da amônia em escala industrial tornava-se economicamente inviável.
- Em temperaturas mais altas, a transformação ocorria mais rapidamente, mas se obtinha menos amônia. Por exemplo, a temperaturas próximas a 1 000 °C, obtinha-se pouca amônia, apesar da transformação se dar mais rapidamente que a 100 °C. O processo também era economicamente inviável, pois se gastava muito combustível para aquecer os reatores e, apesar da transformação se dar mais rapidamente, a quantidade de amônia obtida não compensava o gasto envolvido em sua produção.

Haber resolveu testar essa reação a pressões mais elevadas. Testou então diferentes combinações de pressão e de temperatura buscando condições em que a síntese da amônia fosse economicamente viável, ou seja, que ocorresse em um tempo razoavelmente curto e que a extensão fosse grande o suficiente para compensar os custos envolvidos.

Para tanto, fixou diversas temperaturas e variou, para cada uma delas, as pressões. Depois, fixou diversas pressões e variou as temperaturas. Considerou as sínteses terminadas quando a quantidade de amônia formada se manteve constante. Então obteve dados como os apresentados na tabela a seguir.

Porcentagens de amônia formada a partir de misturas 3:1 de $H_2:N_2$				
Pressão (atm) \ Temperatura (°C)	200	300	400	500
400	38,7	47,8	58,9	60,6
450	27,4	35,9	42,9	48,8
500	18,9	26,0	32,2	37,8
550	12,8	18,4	23,5	28,3
600	8,80	13,0	17,0	20,8

Adaptada de: GEPEQ - Grupo de Pesquisa em Educação Química (org.). *Interações e transformações*. Química para o Ensino Médio. Livro do aluno. Reelaborando conceitos sobre transformações químicas: cinética e equilíbrio. São Paulo: Edusp, 1995, v. II. p. 26.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

### Questões para análise do texto

1. Observe essa tabela e avalie qual seria a melhor condição de pressão e de temperatura para se obter a maior quantidade possível de amônia.

---



---



---



---



---

2. O que você faria para obter mais amônia (obter um melhor rendimento) a 400 °C? E a 500 °C?

---



---



---



---

3. Complete: “Ao se aumentar a pressão, \_\_\_\_\_ o rendimento da reação de síntese da amônia”.

4. Qual é o rendimento da síntese da amônia a 400 °C e 500 atm de pressão? E qual é o rendimento da síntese da amônia a 600 °C e 500 atm de pressão?

---

---

5. Complete: “Ao se aumentar a temperatura, \_\_\_\_\_ o rendimento da reação de síntese da amônia”.

6. Explique por que é importante escolher e controlar as condições de pressão e de temperatura na produção da amônia pelo processo Haber.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Como já tínhamos concluído, em um sistema fechado, quando, a uma determinada pressão e a uma determinada temperatura, uma transformação atinge sua extensão máxima, isto é, quando coexistem reagentes e produtos e suas quantidades não se modificam, diz-se que a transformação química atingiu o estado de equilíbrio químico.

Ao se estudar a síntese do gás amônia a partir dos gases hidrogênio e nitrogênio, pôde-se perceber que o aumento da temperatura provoca uma diminuição na extensão da reação, ou seja, a quantidade de amônia formada diminui. Observou-se também que aumentos na pressão do sistema favorecem a formação da amônia



#### LIÇÃO DE CASA



Vamos analisar mais uma situação: considere que um analista químico resolveu repetir o experimento de Haber. Para tanto, colocou em um frasco gás hidrogênio e gás nitrogênio na proporção de 3:1 (proporção estequiométrica) a 400 °C e a uma pressão de 200 atm. Então começou a formar-se amônia. Esperou até que a quantidade de amônia não se alterasse mais com o passar do tempo, ou seja, até que o equilíbrio químico fosse alcançado.

1. Que gases estão contidos nesse frasco? Justifique.

---

---

---

---

Depois, o químico submeteu o mesmo frasco em que obteve a amônia à temperatura de 450 °C, mantendo a pressão de 200 atm. Esperou até que a quantidade de amônia formada não se alterasse mais com o passar do tempo.

2. Que gases estão contidos nesse frasco? Explique sua resposta.

---

---

---

---

3. O que deve ter acontecido com a quantidade de amônia nessa temperatura após o sistema ter alcançado o novo equilíbrio químico: aumentou ou diminuiu? Explique.

---

---

---

---

Depois dessa etapa, o químico submeteu o mesmo frasco a uma diminuição de temperatura, até que o sistema alcançasse novamente 400 °C, mantendo a pressão de 200 atm. Esperou até que a quantidade de gás amônia não se alterasse mais com o passar do tempo.

4. O que você supõe que tenha acontecido com a quantidade de gás amônia que coexiste com os gases nitrogênio e hidrogênio em equilíbrio químico?

---

---

---

---



## Leitura e Análise de Texto

### Produção industrial da amônia pelo processo Haber-Bosch – Parte III

Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto e Maria Fernanda Penteadó Lamas

Em busca de rapidez no processo de produção da amônia, Haber resolveu testar as reações em presença de diferentes catalisadores. Naquela época já se sabia que catalisadores são substâncias que modificam o tempo de transformações químicas. Fez então reagir hidrogênio e nitrogênio sobre as superfícies de diferentes metais e procurou verificar como eles afetavam a rapidez de obtenção da amônia. Observou que, quando a transformação ocorria sobre ferro aquecido, o equilíbrio químico era atingido mais rapidamente.

**Atenção:** catalisadores modificam a rapidez de transformações químicas, porém não influem na extensão delas, ou seja, a quantidade máxima de produtos obtidos não será alterada. No caso de transformações que entram em equilíbrio químico, este será alcançado mais rapidamente.

Mais tarde, Carl Bosch aperfeiçoou o processo Haber, que ficou conhecido como processo Haber-Bosch, e até hoje esse método é utilizado na obtenção industrial da amônia.

Enfim, a obtenção industrial da amônia mostra a importância de serem compreendidos os fatores que podem influenciar a rapidez e a extensão com que uma transformação química acontece. A elevação da temperatura aumenta a rapidez com que a reação atinge seu limite (o equilíbrio químico), depois do qual a quantidade de amônia não se altera mais. De outro modo, o aumento da temperatura diminui a extensão da transformação dessa síntese, isto é, uma menor quantidade de amônia é formada. Em razão desses aspectos, é necessário escolher valores de pressão e de temperatura que permitam que se obtenha a maior quantidade de amônia possível, no menor tempo possível, para que o processo seja economicamente viável.

Como se faz isso? É necessário saber analisar e calcular os diferentes rendimentos, nas variadas condições de temperatura e de pressão, e verificar, para cada uma delas, quanta energia foi utilizada e qual foi o custo envolvido.

Em 2004, Paul Chirik coordenou uma equipe de pesquisadores da Universidade Cornell (Estados Unidos) que conseguiu quebrar as ligações entre os átomos de uma molécula de gás nitrogênio, adicionando gás hidrogênio e obtendo gás amoníaco, sem a necessidade de altas temperaturas e de altas pressões. Para tanto, utilizou uma solução contendo zircônio. A conversão foi feita a 85 °C. O foco da busca agora é encontrar um catalisador para essa reação de modo que ela possa ser utilizada em escala industrial.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.





Registre aqui o que você aprendeu sobre a síntese da amônia pelo processo Haber-Bosch.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---





## PESQUISA EM GRUPO

Esta pesquisa tem por objetivo explicitar a importância do nitrogênio nos sistemas natural e produtivo. Para tanto, cada grupo pode buscar informações sobre um ou mais itens sugeridos a seguir, ou mesmo sobre outros itens de acordo com a orientação de seu professor. Sugere-se busca em livros didáticos de Biologia, em jornais, revistas e na internet. Tente organizar sua pesquisa levando em consideração as orientações abaixo. Prepare um resumo para apresentar a seus colegas.

- Busque exemplos que mostrem a importância do ciclo do nitrogênio.
- Relacione o ciclo do nitrogênio com a síntese de proteínas, assim como a importância dessa síntese para a vida como a conhecemos.
- Procure informações sobre o uso de fertilizantes à base de nitrogênio.
- Pesquise informações sobre as reações de obtenção de algumas substâncias nitrogenadas fabricadas a partir da amônia e presentes em fertilizantes, tais como a ureia  $((\text{NH}_2)_2\text{CO})$ , o nitrato de amônio  $(\text{NH}_4\text{NO}_3)$ , o sulfato de amônio  $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ , o cloreto de amônio  $(\text{NH}_4\text{Cl})$ , o fosfato de cálcio e amônio  $(\text{CaNH}_4\text{PO}_4)$  e o nitrato de amônio e cálcio  $(\text{CaNH}_4(\text{NO}_3)_3)$ .
- Busque informações sobre reações que descrevem o uso da amônia como matéria-prima usada na produção de ácido nítrico e da barrilha (carbonato de sódio).
- Pesquise sobre os usos do ácido nítrico como matéria-prima.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



Anote também as informações pesquisadas por seus colegas.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



### APRENDENDO A APRENDER

Ao visitar um supermercado ou uma loja que venda produtos agrícolas, observe rótulos de um fertilizante do tipo NPK. Procure reconhecer quais substâncias estão presentes nesses fertilizantes e recorde-se de como o nitrogênio é obtido.





### SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 3

## É POSSÍVEL ALTERAR A RAPIDEZ COM QUE UMA TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA OCORRE?

Você já viu que a temperatura e a pressão afetaram a rapidez e a extensão da produção da amônia. Também é importante conhecer os fatores que afetam a rapidez das transformações para controlar outros processos, como a degradação dos alimentos ou a corrosão de estruturas metálicas. É clara, então, a necessidade de se compreender como alterar a rapidez das transformações químicas.

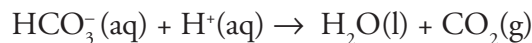
Para iniciar nosso estudo, você vai fazer dois experimentos sob a orientação de seu professor.



### ROTEIRO DE EXPERIMENTAÇÃO

#### Experimento 1 – Estudando a rapidez da transformação química envolvendo comprimido efervescente antiácido e água

Certos comprimidos antiácidos contêm hidrogenocarbonato de sódio e ácido cítrico que reagem entre si quando colocados em água. Essa transformação pode ser assim representada:



Vamos estudar como é a rapidez dessa transformação química?

#### Parte I – Como a temperatura pode afetar a rapidez de uma transformação química?

Antes de iniciar o experimento, reflita e responda:

Um comprimido efervescente leva o mesmo tempo para reagir completamente na água quente e na água gelada? Justifique.

---



---



---



---



---



---



---



---

Agora, leia o procedimento a seguir com atenção e execute o que for solicitado por seu professor.

### Materiais

- 1 comprimido efervescente;
- 2 copos transparentes e incolores;
- água gelada;
- água quente.

### Procedimento

1. Divida o comprimido efervescente em quatro pedaços iguais. Reserve dois deles para a parte II deste experimento.
2. Coloque água quente em um dos copos até a metade de sua capacidade.
3. Faça o mesmo com a água gelada no outro copo.
4. Adicione, simultaneamente, um pedaço do comprimido em cada copo. Observe e responda às questões a seguir.

### Questões para análise do experimento

1. Que diferenças você observou na transformação química estudada quando se utiliza água em diferentes temperaturas?

---



---

2. Qual é a relação que pode ser estabelecida entre o tempo de ocorrência de uma transformação química e sua rapidez?

---



---

3. A variação da temperatura da água influenciou a rapidez da reação estudada? Justifique.

---



---



---

4. As previsões que você fez antes de observar os fatos experimentais (releia sua resposta para a questão inicial) foram coerentes com os resultados? Se isso não ocorreu, explique as diferenças.

---



---

**Parte II – Como a superfície de contato pode afetar a rapidez de uma transformação química?**

Antes de iniciar o experimento, reflita e responda:

Um comprimido efervescente triturado leva o mesmo tempo para reagir que um comprimido efervescente inteiro? Justifique.

---



---



---

Agora, leia o procedimento a seguir com atenção e execute o que for pedido por seu professor.

**Materiais**

- duas partes do comprimido efervescente reservadas na parte I do experimento;
- água em temperatura ambiente;
- 2 copos transparentes e incolores;
- colher de sopa;
- pires.

**Procedimento**

1. Coloque água, em temperatura ambiente, nos dois copos até a metade da sua capacidade.
2. Utilizando a colher, triture um dos pedaços do comprimido efervescente em um pires.
3. Adicione simultaneamente o pedaço do comprimido inteiro em um dos copos e o pedaço triturado no outro. Observe e responda às questões a seguir.

**Questões para análise do experimento**

1. Em qual das situações houve maior superfície de contato entre os reagentes? Justifique.

---



---



---



---



---

2. Quais diferenças você observou na transformação química estudada quando se utiliza comprimido efervescente em diferentes estados de agregação?

---

---

---

---

3. A variação da superfície de contato afetou a rapidez da reação estudada? Como?

---

---

---

---

---

4. Suas previsões (resposta da questão inicial) foram coerentes com os resultados? Se isso não ocorreu, tente explicar as diferenças.

---

---

---

---

## **Experimento 2 – Estudando a rapidez da transformação química envolvendo hidrogenocarbonato de sódio e vinagre**

Antes de iniciar o experimento, reflita e responda:

Na reação do hidrogenocarbonato com ácido há formação de gás carbônico. Essa reação ocorrerá com a mesma rapidez se utilizarmos soluções com concentrações diferentes de vinagre (é importante lembrar que o vinagre contém ácido acético)? Considere que foram utilizadas quantidades iguais de hidrogenocarbonato de sódio nos diferentes sistemas.

---

---

---

Agora, leia o procedimento a seguir com atenção e execute o que for pedido por seu professor.

**Materiais**

- 2 copos de vidro transparentes e incolores;
- 1 colher de chá;
- 1 colher de sopa;
- hidrogenocarbonato de sódio em pó;
- vinagre;
- relógio para medir o tempo (em segundos) da transformação;
- água.

**Procedimento**

1. Em um dos copos (copo 1), coloque duas colheres de sopa de vinagre.
2. No outro copo (copo 2), coloque quatro colheres de sopa de vinagre.
3. Adicione água nos dois copos de forma a preenchê-los até a metade, deixando a mesma altura nos dois.
4. Adicione 1 colher (chá) de hidrogenocarbonato de sódio à solução de água com vinagre contida no copo 1 e marque o tempo necessário para que o hidrogenocarbonato de sódio seja totalmente consumido. Anote o valor na tabela a seguir.
5. Adicione a mesma quantidade de hidrogenocarbonato de sódio à solução do copo 2 e novamente marque o tempo necessário para que o hidrogenocarbonato de sódio seja totalmente consumido. Anote o valor na tabela a seguir.

Sistemas	Tempo (s)
Copo 1	
Copo 2	



### Questões para análise do experimento

1. Considere que o volume final nos dois copos seja o mesmo. Levando em conta as quantidades de vinagre adicionadas em cada copo, as concentrações das soluções assim preparadas são iguais ou diferentes? Explique.

---

---

2. Com base nos tempos de transformação observados, o que você conclui a respeito da rapidez dessa transformação quando a concentração do ácido é alterada?

---

---

---

3. Suas previsões (resposta à questão inicial) foram coerentes com os resultados? Se isso não ocorreu, tente explicar as diferenças.

---

---

---

4. Faça uma previsão do que aconteceria com a concentração da solução no copo 2 se fosse adicionada água de forma que seu volume dobrasse. A rapidez da reação seria modificada? Justifique.

---

---

---

5. Para estudar o efeito da temperatura sobre a rapidez de reação do comprimido efervescente, seria possível usar um comprimido inteiro em água quente e outro triturado em água gelada? Por quê?

---

---

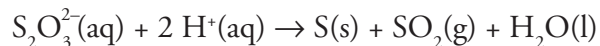
6. Para estudar o efeito da concentração da solução de vinagre sobre a rapidez da reação com hidrogenocarbonato de sódio, seria possível usar uma solução à temperatura ambiente e outra aquecida? Por quê?

---

---

**Desafio!**

Para estudar o efeito da concentração dos reagentes na rapidez da transformação química que ocorre entre tiosulfato de sódio e ácido clorídrico, foram feitos alguns experimentos. Os resultados obtidos estão descritos na tabela a seguir.



Experimento	Concentração de tiosulfato (mol/L)	Concentração de ácido clorídrico (mol/L)	Tempo(s)
1	0,100	0,50	28
2	0,050	0,50	63
3	0,025	0,50	131
4	0,100	0,30	29
5	0,100	0,10	28

Ao analisar esses dados, o que você pode concluir sobre o efeito da variação da concentração de cada um dos reagentes na rapidez dessa transformação química?

---



---



---



---



---



---



---

**Existem materiais que, ao ser adicionados a um sistema químico, podem alterar a rapidez de uma transformação química?**

Nas atividades anteriores nós estudamos como a temperatura, a concentração e a superfície de contato podem alterar a rapidez das transformações químicas. Nesta atividade vamos estudar se a adição de determinados materiais ao sistema reacional pode modificar a rapidez das transformações.

Para este estudo leia o texto a seguir e responda às questões propostas ao final.



## Leitura e Análise de Texto

### Catalisadores nas transformações químicas

Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto e Maria Fernanda Penteadó Lamas

Como já discutimos no estudo da obtenção da amônia, Haber, além de controlar as condições de temperatura e de pressão para obter amônia em escala industrial de maneira economicamente viável, também testou vários catalisadores para tentar acelerar a síntese sem precisar aumentar a temperatura. Descobriu que, se fizesse reagir os gases hidrogênio e nitrogênio sobre superfícies de ferro aquecidas, a rapidez de obtenção da amônia aumentaria, permitindo uma sensível diminuição nos custos energéticos envolvidos na sua produção.

Estudos sobre catalisadores são muito importantes para a indústria. Em 2007, o cientista alemão Gerhard Ertl recebeu o prêmio Nobel de Química ao propor explicações microscópicas que permitem compreender os processos catalíticos, com destaque para o que acontece no processo Haber-Bosch, de grande relevância prática.

As transformações químicas podem ter sua rapidez aumentada sem que seja necessário aumentar a temperatura, a superfície de contato, a concentração ou a pressão dos reagentes. Existem substâncias que aceleram as transformações químicas, sem ser consumidas nos processos em que estão envolvidas. Essas substâncias são chamadas catalisadores e são conhecidas principalmente por sua utilização nos automóveis. Nesse caso, os catalisadores são esferas dos metais paládio ou platina que são acopladas ao escapamento dos carros e que aceleram a transformação de alguns dos gases resultantes da queima dos combustíveis nos motores em outros gases menos poluentes. Como exemplo, podemos citar a transformação do monóxido de carbono (CO) em dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

1. Explique com suas palavras o que é catalisador.

---



---



---

2. Cite exemplos de situações em que o uso de catalisadores é importante.

---



---



---

A seguir, para discutir a influência dos catalisadores sobre a rapidez das transformações químicas, são apresentados alguns resultados experimentais referentes à interação do metal zinco com ácido clorídrico na presença e na ausência de cobre metálico.

Leia com atenção as tabelas apresentadas e responda às questões propostas.

A tabela a seguir apresenta o que ocorre quando zinco (Zn) e cobre (Cu) são misturados separadamente com ácido clorídrico.

Observações para os sistemas Zn/HCl e Cu/HCl		
Experimento	Reagentes	Observações
1	0,5 g Zn + 10 cm <sup>3</sup> de HCl (0,5 mol/L)	Liberação de gás hidrogênio e calor
2	0,5 g Cu + 10 cm <sup>3</sup> de HCl (0,5 mol/L)	Não foram observadas alterações no sistema

Tabelas da p. 28 adaptadas de: GEPEQ - Grupo de Pesquisa em Educação Química (org.). *Interações e transformações*. Química para o Ensino Médio. Livro do aluno. Reelaborando conceitos sobre transformações químicas: cinética e equilíbrio. São Paulo: Edusp, 1995, v. II, p. 56.

3. O que se manteve constante quando se comparam os experimentos 1 e 2? O que variou?

---



---



---

4. Foram observadas diferenças nos resultados? Quais?

---



---



---

A tabela abaixo apresenta as observações feitas quando zinco (Zn) e ácido clorídrico (HCl 0,5 mol/L) são misturados na presença e na ausência de cobre. Foram feitas medidas do tempo necessário para a formação de 30 cm<sup>3</sup> do gás hidrogênio (H<sub>2</sub>).

Observações para os sistemas Zn/HCl e Zn/HCl/Cu			
Experimento	Reagentes	Tempo para liberar 30 cm <sup>3</sup> de H <sub>2</sub> (s)	Observações
3	0,5 g de Zn + 10 cm <sup>3</sup> de HCl (0,5 mol/L)	315	—
4	0,5 g de Zn + 10 cm <sup>3</sup> de HCl (0,5 mol/L) + 0,5 g de Cu	144	Massa de cobre não se altera

5. O que se manteve constante quando se comparam os experimentos 3 e 4? O que variou?

---

---

---

---

6. Foram observadas diferenças nos resultados? Quais?

---

---

---

---

7. Por que foram realizados os experimentos 1 e 2?

---

---

---

---

8. O que se pode dizer sobre a ação do cobre na transformação?

---

---

---

---

Quando uma substância age de maneira semelhante à do cobre na transformação estudada, dizemos que essa substância age como um catalisador.



## PESQUISA INDIVIDUAL

A Resolução nº 18 do Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente), de 6 de maio de 1986, estabeleceu limites máximos de emissão de poluentes do ar para os motores e veículos automotores novos. Esses limites deveriam ser obedecidos a partir de junho de 1988. Para cumprir essa resolução foi necessário que os carros novos já saíssem da fábrica com catalisadores.





LIÇÃO DE CASA



1. Considerando o que foi estudado em sala de aula sobre os fatores que podem alterar a rapidez das transformações químicas, responda às questões:

a) Por que alimentos armazenados na geladeira demoram mais para estragar do que fora dela?

---



---



---



---



---



---

b) Qual item vai estragar mais rapidamente à temperatura ambiente: uma peça inteira de 500 g de carne ou 500 g de carne moída? Justifique sua resposta.

---



---



---



---



---



---

2. (Fuvest – 1993) Para remover uma mancha de um prato de porcelana, fez-se o seguinte: cobriu-se a mancha com meio copo de água fria, adicionou-se algumas gotas de vinagre e deixou-se por uma noite. No dia seguinte, a mancha havia clareado levemente. Usando apenas água e vinagre, sugira duas alterações no procedimento, de modo que a remoção da mancha possa ocorrer em menor tempo. Justifique cada uma das alterações propostas.

---



---



---



---



---



## PESQUISA DE CAMPO

Faça uma entrevista com seus familiares e amigos para avaliar que importância eles atribuem ao conhecimento dos fatores que afetam a rapidez de degradação dos alimentos e o que sabem sobre o assunto.

### Roteiro para entrevista

Podem ser utilizadas as seguintes questões:

Você costuma observar as datas de validade quando compra um alimento?

( ) nunca                      ( ) sempre                      ( ) às vezes

Por quê?

---

---

---

---

---

---

---

---

Você consumiria um alimento fora do prazo de validade?

( ) nunca                      ( ) não olho as datas de validade                      ( ) às vezes

Por quê?

---

---

---

---

---

---

---

---



Você costuma observar as condições em que os alimentos estão estocados nos supermercados/feiras quando faz compras (temperatura da geladeira ou do *freezer*, alimentos cobertos ou descobertos, condições das embalagens)?

nunca

sempre

às vezes

Por quê?

---



---



---



---



---



---

É possível relacionar prazos de validade e condições de armazenamento de alimentos com seus conhecimentos sobre rapidez das reações químicas? Como você explicaria, utilizando seus conhecimentos, a importância de considerar a data de validade de um alimento, bem como suas condições de armazenamento?

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



## SITUAÇÃO DE APRENDIZAGEM 4 COMO UTILIZAR MODELOS MICROSCÓPICOS PARA EXPLICAR AS DIFERENÇAS NA RAPIDEZ DAS TRANSFORMAÇÕES QUÍMICAS?

Vamos procurar explicar a influência dos fatores que alteram a rapidez de uma transformação química do ponto de vista microscópico. Para isso, vamos utilizar os modelos sobre a constituição da matéria que você já estudou nos Cadernos de 1ª e 2ª séries.

### Atividade 1 – Exercícios em sala de aula

Para explicar uma transformação química admitimos que ocorrem quebras de ligações nos reagentes e que novas ligações são formadas dando origem aos produtos. Pode-se admitir que, para que isso ocorra, é necessário que as partículas se choquem, ou seja, que existam colisões entre elas.

1. Escreva um pequeno parágrafo sobre como devem ser essas colisões.

---

---

---

---

---

---

---

---

2. Considerando a ideia de que é preciso haver colisões entre as partículas para que ocorra a transformação química, procure explicar em termos moleculares por que a temperatura pode influenciar nas transformações químicas.

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Formule uma explicação para o fato da rapidez da reação aumentar quando a concentração do reagente aumenta.

---

---

---

---

---

---

4. Formule uma explicação para o fato da rapidez de uma transformação química aumentar com o aumento da superfície de contato.

---

---

---

---

---

---

## Atividade 2

Vamos iniciar agora um estudo sobre como ocorrem as transformações químicas, ou seja, sobre os mecanismos de reação. Para tal vamos ler o texto a seguir.



### Leitura e Análise de Texto

#### **Retomando o conceito de choque efetivo e estudando o caminho percorrido durante uma transformação química.**

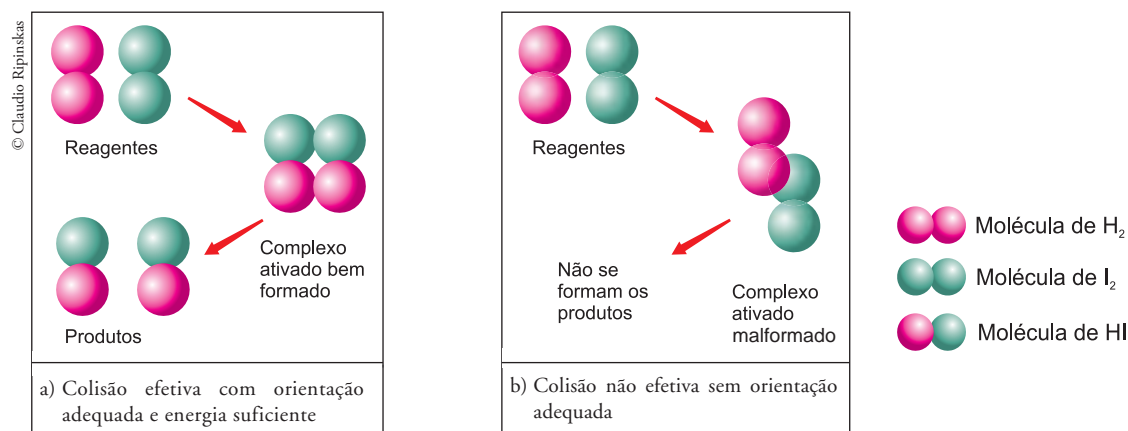
Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto e Maria Fernanda Penteadó Lamas

Conforme visto nas aulas anteriores, não é qualquer colisão entre partículas de reagentes que vai causar a quebra de ligações entre os seus átomos e propiciar novas ligações, formando os produtos. As colisões que possibilitam a ocorrência das transformações são chamadas colisões efetivas ou choques efetivos e devem possuir energia suficiente e orientação adequada.

Dessa forma, podemos supor que a transformação química se desenvolve ao percorrer um caminho onde exista um obstáculo, uma barreira de energia a ser vencida. Essa barreira representa a energia mínima necessária para que a transformação ocorra e é chamada energia de ativação.

Quanto maior a energia de ativação de uma transformação, mais lenta ela tenderá a ser, pois será menor o número de partículas que terão condições de colidir de modo a superar essa barreira energética.

No que se refere à orientação do choque, é necessário que as partículas colidam de forma a atingir certas regiões das mesmas, como mostra a figura a seguir, que ilustra a ocorrência de choques para a transformação  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2 \text{HI}$ .



Comparação entre as orientações de uma colisão efetiva e de uma colisão não efetiva para a transformação:  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightarrow 2 \text{HI}$ .

Quando ocorre uma colisão com energia suficiente, forma-se um aglomerado dos átomos dos reagentes, que é chamado complexo ativado. Quando o complexo é bem formado pela orientação adequada do choque, as ligações entre os átomos que compõem os reagentes poderão ser rompidas e poderão se formar novas ligações, que formarão os produtos. Portanto, dizemos que a transformação química ocorrerá.\* Se, de outro modo, o complexo ativado for malformado, a transformação química não ocorrerá.

No esquema anterior, foi considerada a colisão que envolveu duas partículas. O que ocorreria se a transformação envolvesse um número maior de partículas de reagentes? Seria muito mais difícil ocorrer uma colisão efetiva se mais de duas partículas se chocassem de uma só vez, pois a chance do choque ter uma orientação adequada seria muito pequena.

Dessa forma, quando a transformação envolve mais de duas partículas, podemos supor que ela ocorre em etapas, nas quais as partículas colidem duas a duas. Em cada etapa haverá a formação de um complexo ativado diferente e cada uma vai ter uma energia de ativação própria.

\* A formação do complexo ativado não **garante** a formação dos produtos. O rompimento das interações entre as partículas de um complexo ativado poderá se dar de maneira a formar o(s) produtos(s) ou de maneira a formar novamente o(s) reagente(s).

Considere a reação global representada a seguir:



O caminho mais provável percorrido nesse caso é:



Repare que na transformação global estão envolvidas cinco partículas. Conforme visto no esquema acima, a transformação analisada apresenta três etapas e envolve a formação de um intermediário, que é produzido na primeira etapa e consumido na segunda. Por sua vez, os intermediários formados na segunda etapa são consumidos na terceira. A primeira etapa leva um tempo maior do que as outras para ocorrer. A rapidez da transformação global será afetada de forma significativa pela rapidez da etapa mais lenta, ou seja, da primeira etapa.

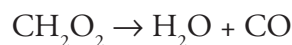
Ao buscar entender em nível microscópico a ação de catalisadores em transformações químicas, como explicar que o “caminho” seguido pelo desenvolvimento de uma transformação química pode influir na rapidez de obtenção dos produtos?

Haber, ao desenvolver o processo de síntese da amônia, após escolher as condições de pressão e de temperatura mais adequadas, buscou acelerar essa síntese testando a ação de diferentes catalisadores. Verificou que, quando a síntese da amônia se processava sobre o ferro aquecido, o equilíbrio químico era atingido mais rapidamente. Como explicar isso?

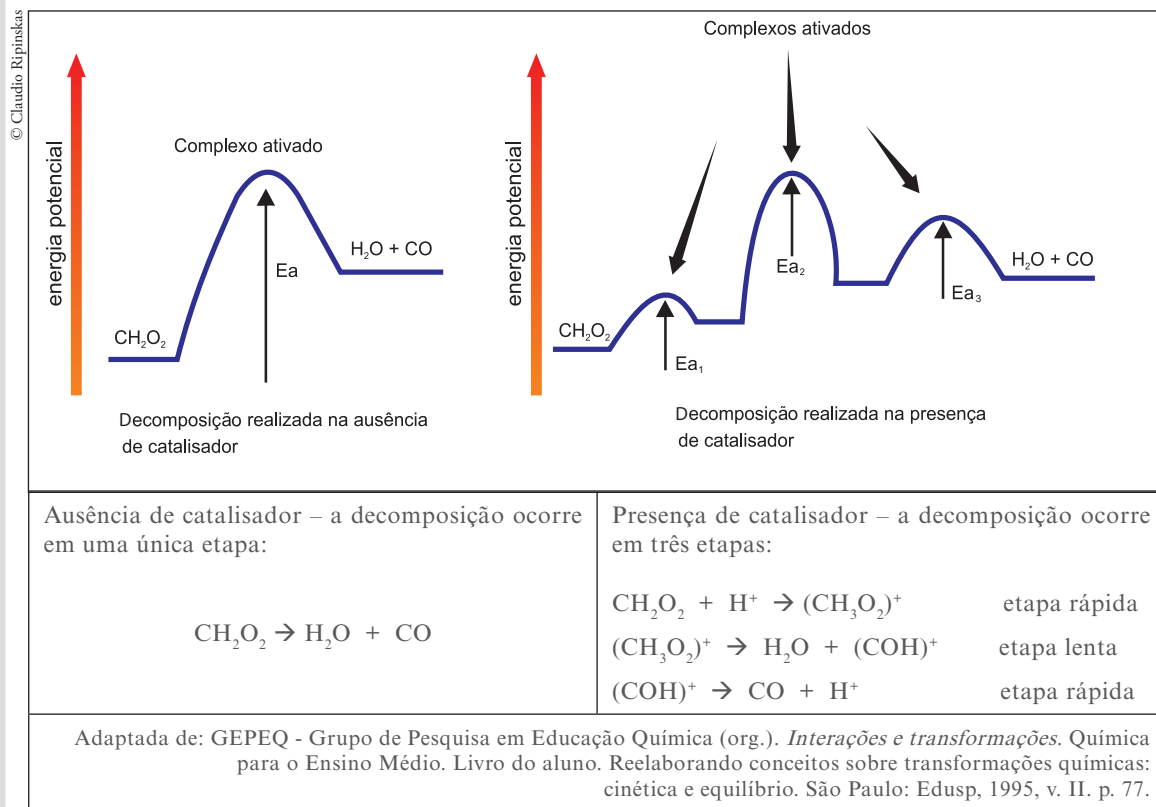
Como vimos, as transformações químicas ocorrem segundo um “caminho” – seguindo algumas etapas –, e a etapa mais lenta pode ser considerada a que determina a rapidez da transformação química. Por isso, será que, se a amônia for sintetizada sobre uma chapa de ferro aquecida, as etapas envolvidas em sua síntese serão outras? Como se podem relacionar possíveis diferentes “caminhos de transformação” com modificações na rapidez com que a amônia é obtida?

Vamos tentar responder a essas perguntas buscando entender inicialmente se um catalisador modifica o caminho seguido no desenvolvimento de transformações químicas, estudando a reação de decomposição do ácido metanoico na presença e na ausência de catalisador.

A reação global de decomposição do ácido metanoico pode ser representada por:



Os diagramas a seguir representam os caminhos da decomposição do ácido metanoico percorridos na reação, na ausência e na presença de catalisador.

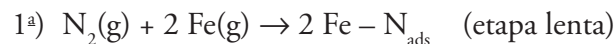


Nota-se que, no sistema sem catalisador, a decomposição do ácido metanoico ocorre em uma única etapa, envolvendo somente um complexo ativado que exige, para se formar, uma energia de ativação  $E_a$ . De outro modo, no sistema com catalisador, a decomposição ocorre por outro caminho, que envolve três etapas nas quais se formam complexos ativados que exigem energias de ativação menores que  $E_a$ . Como as energias de ativação  $E_{a1}$ ,  $E_{a2}$  e  $E_{a3}$  são mais baixas que  $E_a$ , maior será o número de partículas que conseguirão atingir essas energias mais rapidamente, possibilitando que um maior número de choques efetivos aconteça em menos tempo. Dessa maneira, a rapidez total da decomposição do  $\text{CH}_2\text{O}_2$  será maior se o catalisador tomar parte na transformação.

Deve-se observar que o  $\text{H}^+$  é o catalisador dessa transformação, pois participa dela (é consumido na etapa 1), modifica o caminho da transformação (seu mecanismo), diminui o tempo de decomposição do ácido fórmico e se regenera no final do processo (etapa 3).

Os químicos chamam de **mecanismos de reação** a uma descrição pormenorizada de como uma transformação química acontece. Trata-se de uma **hipótese** que se faz para explicar os fatos observados, como, por exemplo, a ação de catalisadores. Alguns mecanismos já estão bem estabelecidos, ou seja, explicam satisfatoriamente muitos fatos e permitem que se façam previsões que se verificam na realidade. Entretanto, é importante ter claro que, à medida que novos fatos são descobertos, os mecanismos podem ser modificados e mesmo descartados, ou seja, um mecanismo não é uma descrição da realidade, e sim uma tentativa de explicação de uma série de fatos relativos a como ocorrem as transformações químicas.

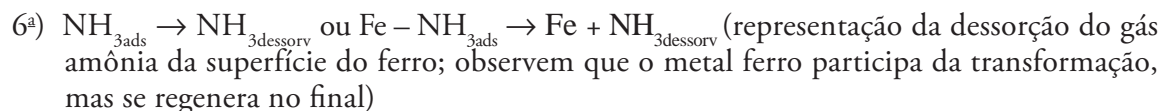
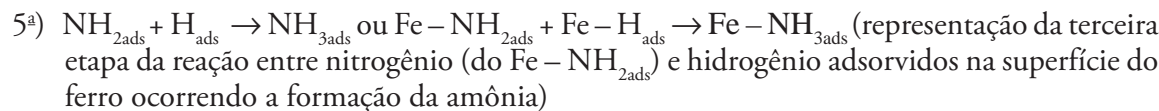
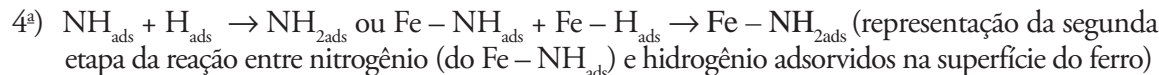
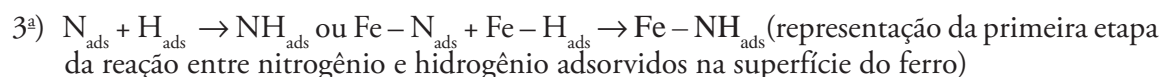
Atualmente, acredita-se que a síntese da amônia na presença de ferro aquecido (catalisador) se dá de acordo com as etapas:



(representação do composto intermediário formado pelo metal ferro com gás nitrogênio adsorvido em sua superfície)



(representação do composto intermediário formado pelo metal ferro com gás hidrogênio adsorvido em sua superfície)



Quando uma molécula se adsorve (ou se fixa) à superfície do catalisador, suas ligações ficam mais fracas e mais fáceis de quebrar. No processo Haber-Bosh, a adsorção de moléculas do gás nitrogênio sobre o ferro é muito importante, pois, dessa maneira, a tripla ligação entre os átomos  $\text{N}_2(\text{g})$  é enfraquecida.

Elaborado especialmente para o *São Paulo faz escola*.

### Questões para análise do texto

1. Quais características deve ter uma colisão efetiva?

---



---



---

2. O que é energia de ativação?

---



---



---

3. Considere duas transformações com diferentes energias de ativação ( $E_a$ ), sendo que  $E_{a_1} > E_{a_2}$ . Considerando somente esse aspecto, qual transformação será mais rápida? Por quê?

---



---



---



---

4. Como funciona um catalisador? Para responder, considere a sua ação sobre o caminho percorrido em uma transformação química.

---



---



---

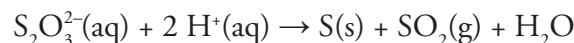


LIÇÃO DE CASA



(Pasusp – 2008) Texto e tabelas para as questões 1 e 2:

A reação de decomposição do ânion tiosulfato ( $S_2O_3^{2-}$ ), em soluções contendo ácido clorídrico (HCl), ocorre segundo a seguinte equação:



Para estudar a rapidez da formação do enxofre (sólido amarelo), a partir da decomposição do ânion tiosulfato ( $S_2O_3^{2-}$ ), um aluno adicionou a mesma quantidade de solução de HCl em vários tubos de ensaio. Adicionou, em seguida, em cada tubo, diferentes volumes de solução de tiosulfato de sódio ( $Na_2S_2O_3$ ). Completou o volume até 10 mL com água e cronometrou o tempo necessário para que se formasse a mesma quantidade de enxofre em cada experimento (como mostra a tabela abaixo). Também foram feitos experimentos para investigar o efeito da temperatura na rapidez da reação e, nesse caso, o aluno adicionou a cada um dos tubos de ensaio 2 mL de solução de HCl, 5 mL de solução de  $Na_2S_2O_3$  e 3 mL de água, a dadas temperaturas, conforme mostra a tabela da página seguinte.

Volume de solução de HCl (mL)	Volume de solução de $Na_2S_2O_3$ (mL)	Volume de água (mL)	Tempo (s)
2	1	7	410
2	2	6	355
2	3	5	241
2	4	4	115
2	5	3	61



Volume de solução de HCl (mL)	Volume de solução de Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mL)	Volume de água (mL)	Temperatura (°C)	Tempo (s)
2	5	3	5	152
2	5	3	10	130
2	5	3	20	90
2	5	3	30	59
2	5	3	45	35

1. A primeira série de experimentos, cujos dados são mostrados na tabela da página 40, permite concluir que:
  - a) a velocidade da reação não depende da quantidade de tiosulfato adicionado;
  - b) a velocidade de formação de enxofre depende da concentração de ácido clorídrico;
  - c) a quantidade de enxofre formado depende da concentração de tiosulfato;
  - d) a formação de enxofre somente ocorre na presença de ácido clorídrico (HCl);
  - e) o enxofre aparece mais rapidamente em soluções contendo mais tiosulfato.
2. Analisando-se a influência da temperatura na rapidez de formação do enxofre, de acordo com a tabela acima, pode-se concluir que a primeira série de experimentos, representada pela primeira tabela, foi realizada em temperatura mais próxima a:
  - a) 5 °C
  - b) 10 °C
  - c) 20 °C
  - d) 30 °C
  - e) 45 °C
3. Justifique as respostas dos testes 1 e 2.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



VOCÊ APRENDEU?



1. Dê um exemplo de como cada um dos seguintes gases são usados pelo ser humano: nitrogênio, oxigênio e hélio.

---



---



---



---

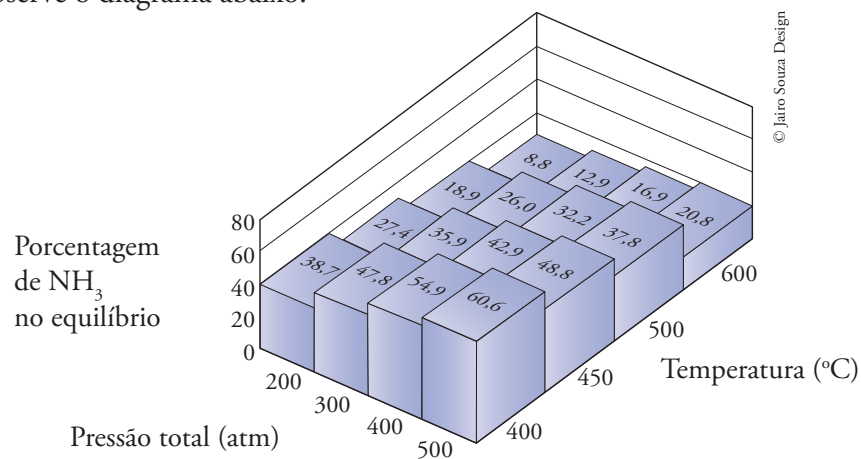


---



---

2. Observe o diagrama abaixo:



Fonte: BROWN, Theodore L.; LEMAY, H. Eugene; BURSTEN, Bruce E. e BURDGE, Julia. *Química: a ciência central*. 9. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2008.

- a) O dono de uma indústria de amônia decidiu operá-la com pressões em torno de 300 atm e com temperaturas em torno de 450 °C. Qual é o rendimento de amônia esperado?

---



---



---



---



---



---

- b) Caso o compressor da indústria consiga obter pressões de, no máximo, 300 atm, em que faixa de temperatura você faria a síntese? Considere que o tempo gasto em qualquer uma das situações mostradas no diagrama é aceitável.

---

---

---

---

---

---

---

---

- c) Que gases podem ser encontrados a 200 atm e a 600 °C? Quais estarão em maior proporção?

---

---

---

---

---

---

---

---

3. Considerando seus estudos sobre os fatores que podem afetar a rapidez das transformações químicas, explique por que mastigar bem os alimentos é indispensável para que sejam bem digeridos.

---

---

---

---

---

---

---

---

4. No laboratório, o gás hidrogênio pode ser preparado pela reação de magnésio com solução de ácido clorídrico. Em qual das experiências apresentadas na tabela abaixo a rapidez de formação de gás hidrogênio será maior? Justifique sua resposta.

Experiência	Temperatura (°C)	Magnésio	Concentração de ácido clorídrico (mol/L)
I	25	granulado	1,0
II	25	granulado	0,5
III	30	em pó	1,0
IV	30	em pó	0,5
V	30	em raspas	1,0

---



---



---



---



---

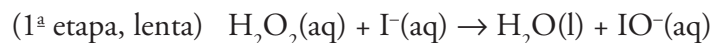


---



---

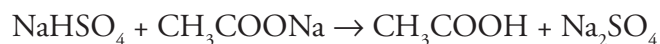
5. O peróxido de hidrogênio,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , comumente chamado de água oxigenada, pode reagir com íons  $\text{I}^-$  em solução aquosa, segundo uma reação que se processa em duas etapas:



Assinale a afirmativa correta:

- o processo descrito utiliza catalisador;
- a energia de ativação da primeira etapa é menor do que a energia de ativação da segunda etapa;
- a equação global correspondente ao processo é  $2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$ ;
- o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) não se transforma em água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) e gás oxigênio ( $\text{O}_2$ );
- o íon  $\text{IO}^-$  produzido na primeira etapa não é consumido na segunda etapa.

6. (Fuvest – 1994)



A reação representada pela equação acima é realizada segundo dois procedimentos:

- I. Triturando os reagentes sólidos.
- II. Misturando soluções aquosas concentradas dos reagentes.

Utilizando a mesma quantidade de  $\text{NaHSO}_4$  e a mesma quantidade de  $\text{CH}_3\text{COONa}$  nesses procedimentos, à mesma temperatura, a formação de ácido acético:

- a) é mais rápida em II porque em solução a frequência de colisão entre os reagentes é maior;
- b) é mais rápida em I porque no estado sólido a concentração dos reagentes é maior;
- c) ocorre em I e II com igual rapidez porque os reagentes são os mesmos;
- d) é mais rápido em I porque o ácido acético é liberado na forma de vapor;
- e) é mais rápida em II porque o ácido acético se dissolve na água.



### PARA SABER MAIS

#### **Sugestões para busca de informações sobre a composição da atmosfera terrestre e sobre os gases dela extraídos:**

- GRIMM, Alice M. Curso de meteorologia básica: notas de aula. A atmosfera. Disponível em: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/index.html>>. Acesso em: 27 out. 2009. O texto discute a composição da atmosfera. Site locado na Universidade Federal do Paraná.
- TOLENTINO, Mário; ROCHA-FILHO, Romeu; SILVA, Roberto R. *O azul do planeta*: um retrato da atmosfera terrestre. São Paulo: Moderna, 1997. Retrata a atmosfera terrestre com uma linguagem clara e simples, o que torna a leitura agradável. Neste livro, você também encontra informações sobre a camada de ozônio, o efeito estufa, a chuva ácida etc.

#### **Sugestões para busca de informações sobre a síntese da amônia e o equilíbrio químico:**

- BAEUMLER, Ernst. *Um século de química*. São Paulo: Melhoramentos, 1963. No capítulo 2, o livro aponta os problemas criados pela necessidade de importação do salitre do Chile e faz um apanhado da Alemanha e da indústria alemã do começo do século XX.

- CHAGAS, Aécio Pereira. A síntese da amônia: alguns aspectos históricos. *Química Nova*. Versão *on-line* disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000100039&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-40422007000100039&script=sci_arttext)>. Acesso em: 27 out. 2009. Neste artigo, é apresentada uma visão histórica da descoberta do ciclo do nitrogênio, do uso de compostos nitrogenados na agricultura e da síntese da amônia.
- VANIN, José Atílio. *Alquimistas e químicos: passado, presente e futuro*. São Paulo: Moderna, 2000. No capítulo 7, Vanin discute impactos da Química na sociedade.
- <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=010160040304>>. Acesso em: 27 out. 2009. Nesse endereço encontra-se um texto em português que divulga o método de produção da amônia desenvolvido por uma equipe da Universidade Cornell, coordenada pelo professor Paul Chirik.

**Informações em inglês sobre o método de produção da amônia podem ser encontradas em:**

- <<http://www.news.cornell.edu/chronicle/04/3.4.04/nitrogen.html>>. Acesso em: 27 out. 2009.
- <<http://scienceweek.com/2004/sa040312-4.htm>>. Acesso em: 27 out. 2009.

**Sugestões para busca de informações sobre produção e conservação de alimentos:**

- LERAYER, A. Biotecnologia na indústria de alimentos. Disponível em: <[http://www.cib.org.br/apresentacao/texto\\_alda\\_lerayer.pdf](http://www.cib.org.br/apresentacao/texto_alda_lerayer.pdf)>. Acesso em: 27 out. 2009.
- NARCISO JR., J.; JORDÃO, M. P. O alimento nosso de cada dia. In: *Projeto escola e cidadania*. São Paulo: Ed. do Brasil, 2000.



*O que eu aprendi...*

Handwriting practice area with 20 horizontal dashed lines for writing.





*O que eu aprendi...*

Handwriting practice area consisting of 20 horizontal dashed lines for writing.

