

EXPOFÍSICA 1 - SALA DE TERMODINÂMICA E FLUIDOS
(FAZER EM WORD ARIAL 12 COM ESPAÇO SIMPLES COM LEGENDA DE
FIGURAS, TABELAS E QUADROS QUE USAR)

Nome completo dos alunos: João Vitor Fagundes de Oliveira Mendes

1) Título: Gelo Instantâneo

2) Tema da Física Principal a ser Abordado:

Mudanças de estado físico, soluções supersaturadas, Nucleação e sobrefusão

3) Objetivos:

O experimento de gelo instantâneo tem como objetivo apresentar, de forma lúdica e prática, os conceitos científicos relacionados às mudanças de estado físico, soluções supersaturadas, nucleação e o fenômeno de super-resfriamento (sobrefusão).

4) Revisão dos Conceitos e Princípios Físicos Necessários para a Compreensão do Fenômeno:

O primeiro conceito essencial para a compreensão deste experimento é o das mudanças de estado físico da matéria. Essas mudanças representam as transformações pelas quais a matéria altera sua forma entre os estados sólido, líquido e gasoso. Elas ocorrem devido a variações de temperatura ou pressão e envolvem a absorção ou liberação de energia na forma de calor. Os principais tipos de mudanças de estado físico são:

A fusão é a mudança de estado em que uma substância passa do sólido para o líquido, geralmente devido ao aumento de temperatura. Por outro lado, a solidificação ocorre quando uma substância passa do estado líquido para o sólido, resultante da perda de calor, como no caso da água que se transforma em gelo.

A vaporização representa a passagem do estado líquido para o gasoso e pode ocorrer de duas formas: por ebulição, quando há um aquecimento intenso, ou por evaporação, quando o aquecimento é gradual. Já a condensação é o processo inverso, em que a substância passa do estado gasoso para o líquido por meio da liberação de calor, como acontece na formação de gotas de água a partir do vapor.

A sublimação é a transição direta do estado sólido para o gasoso, sem passar pelo estado líquido, como ocorre com o gelo seco. Por fim, a ressublimação é a mudança direta do estado gasoso para o sólido, também sem passar pelo líquido, sendo

exemplificada pela formação de geada.

A solidificação é a mudança de estado físico em que uma substância passa do líquido para o sólido. Esse processo ocorre devido à perda de calor, fazendo com que as partículas se organizem em uma estrutura mais rígida. Um exemplo comum é a água líquida que se transforma em gelo quando submetida a temperaturas abaixo de 0 °C.

A condensação é a mudança de estado físico em que uma substância passa do gasoso para o líquido. Esse processo ocorre devido à liberação de calor, fazendo com que as partículas gasosas percam energia e se aproximem, formando o estado líquido. Um exemplo cotidiano de condensação é a formação de gotas de água em superfícies frias quando o vapor presente no ar entra em contato com elas, como acontece em um copo gelado em um dia quente.

A ressublimação é a mudança de estado físico em que uma substância passa diretamente do estado gasoso para o estado sólido, sem passar pelo estado líquido. Esse processo ocorre devido à perda rápida de calor, fazendo com que as partículas gasosas se agrupam em uma estrutura sólida. Um exemplo comum de ressublimação é a formação de geada, quando o vapor d'água presente no ar se deposita diretamente em superfícies frias, formando cristais de gelo.

Essas mudanças de estado físico são influenciadas pelas condições de pressão e temperatura e envolvem trocas de energia que alteram a organização das partículas, mas não sua composição química.

Outro conceito importante relacionado a essas mudanças é o fenômeno da nucleação. A nucleação é o processo inicial de formação de uma nova fase (como a formação de cristais sólidos, bolhas de gás ou gotículas de líquido) a partir de um meio homogêneo. Esse processo ocorre quando átomos ou moléculas se organizam em pequenas estruturas chamadas "núcleos", que são estáveis o suficiente para crescer e formar uma nova fase.

Existem dois tipos principais de nucleação:

1. Nucleação homogênea: Ocorre em um meio puro, sem a influência de partículas externas ou impurezas. As moléculas ou átomos se agrupam espontaneamente, formando núcleos estáveis.
2. Nucleação heterogênea: Ocorre em superfícies ou em torno de partículas externas presentes no meio, como impurezas ou contêineres. Essas superfícies facilitam a formação dos núcleos, pois reduzem a energia necessária para iniciar o processo.

A nucleação é um processo fundamental em diversos fenômenos, como a formação de gelo, a cristalização em soluções supersaturadas, o surgimento de bolhas em líquidos aquecidos e até o início de algumas reações químicas e biológicas.

Outro conceito essencial para a compreensão do experimento relacionado é o de soluções supersaturadas. Uma solução supersaturada ocorre quando há uma quantidade de soluto maior do que aquela que normalmente poderia ser dissolvida a uma determinada temperatura e pressão. Esse tipo de solução é instável, pois excede o limite de solubilidade. Para preparar uma solução supersaturada, costuma-se dissolver o soluto

em um solvente aquecido e, em seguida, resfriar lentamente sem agitar ou perturbar a mistura.

Ao retornar a uma condição em que o excesso de soluto normalmente se cristaliza, a solução pode permanecer temporariamente em um estado supersaturado. No entanto, qualquer distúrbio — com um impacto, a introdução de um cristal de soluto ou uma mudança brusca de temperatura — pode provocar a cristalização do soluto em excesso, fazendo com que a solução retorne ao estado saturado.

Esse conceito é fundamental em diversos processos químicos e industriais, como na cristalização de sais, na fabricação de doces e em áreas como farmácia e química industrial, onde a pureza e a precisão na dissolução de compostos são essenciais.

Outro fenômeno relevante é a sobrefusão. A sobrefusão ocorre quando um líquido é resfriado a uma temperatura abaixo de seu ponto de congelamento sem se solidificar. Esse fenômeno acontece porque, na ausência de superfícies ou partículas que possam induzir a nucleação, o líquido permanece em seu estado líquido, mesmo estando em uma temperatura na qual normalmente se transformaria em sólido.

Esse estado é instável, e o líquido pode se solidificar rapidamente se for perturbado, seja por um impacto ou pela introdução de um cristal. A sobrefusão ocorre em substâncias puras e sob condições controladas, sendo frequentemente observada em experimentos de física e química. Também possui aplicações industriais, como em técnicas de preservação e no estudo do comportamento de líquidos em baixas temperaturas.

No caso da água, por exemplo, é possível alcançar a sobrefusão até cerca de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, dependendo das condições. Compreender a sobrefusão é essencial para o estudo dos processos de solidificação, da formação de cristais e do comportamento de substâncias em diferentes condições ambientais.

Por fim, abordaremos as reações exotérmicas. Essas são reações químicas que liberam energia para o ambiente, geralmente na forma de calor. Esse fenômeno ocorre quando a energia liberada durante a formação dos produtos é maior do que a energia necessária para quebrar as ligações reagentes. Como consequência, a temperatura do ambiente ao redor da reação tende a aumentar.

Exemplos comuns de reações exotérmicas incluem a combustão (como a queima de madeira ou combustíveis), reações de neutralização entre ácidos e bases e a oxidação de metais. Essas reações são amplamente aplicadas em processos industriais, na geração de energia e em dispositivos de aquecimento.

Além disso, as reações exotérmicas têm um papel fundamental na natureza e nos processos biológicos, como na respiração celular, em que as células liberam a energia armazenada em moléculas de glicose para realizar suas funções vitais.

5) Descrição Detalhada dos Materiais e Equipamentos Utilizados e da Montagem e Construção do Experimento.

Para realizar o experimento com acetato de sódio, são necessários alguns materiais e equipamentos específicos. Os principais materiais incluem o acetato de sódio, que pode ser encontrado em forma de pó ou cristais, e água, que servirá como solvente. Será preciso também uma fonte de aquecimento, como um fogão doméstico, um bico de Bunsen ou qualquer outro dispositivo que forneça calor de forma controlada. Além disso, é necessário utilizar uma panela ou um becker resistente ao calor, que permitirá o aquecimento e a dissolução dos materiais. Para a etapa de resfriamento e observação, será necessário um copo ou recipiente transparente, de preferência de vidro, para visualizar melhor a cristalização. Por fim, uma colher ou um bastão de vidro será útil para mexer a solução durante o processo de aquecimento.

O experimento inicia-se com a preparação de uma solução supersaturada. Para isso, deve-se medir aproximadamente 100 gramas de acetato de sódio e misturá-los com 30 a 40 mililitros de água em uma panela ou becker. Em seguida, a mistura deve ser aquecida utilizando a fonte de calor selecionada. Durante o aquecimento, é importante mexer constantemente com uma colher ou bastão de vidro para garantir que o acetato de sódio se dissolva completamente. O aquecimento deve continuar até que a solução fique totalmente transparente e não restem mais cristais visíveis. Se necessário, pode-se adicionar pequenas quantidades extras de água para facilitar a dissolução completa.

Após obter a solução totalmente dissolvida, é hora de resfriá-la. Transfira cuidadosamente a solução para um copo ou recipiente transparente, evitando derramar ou introduzir impurezas. Deixe a solução esfriar em temperatura ambiente sem mexer. Caso deseje acelerar o processo de resfriamento, pode-se colocar o recipiente em um banho de água fria ou dentro da geladeira. É fundamental não perturbar a solução durante o resfriamento para evitar que a cristalização ocorra prematuramente.

Quando a solução estiver completamente fria, a cristalização poderá ser iniciada. Para isso, introduza um pequeno cristal de acetato de sódio, conhecido como "semente", na solução. Outra opção é tocar suavemente a superfície da solução com um objeto limpo ou o dedo. Ao fazer isso, a solução começará a cristalizar rapidamente, formando estruturas sólidas parecidas com gelo. Esse processo é exotérmico, ou seja, libera calor, e pode ser observado visualmente à medida que os cristais se formam.

Por fim, para garantir segurança durante o experimento, é importante manusear a solução quente com cuidado, utilizando luvas térmicas se necessário, e realizar o procedimento em uma área bem ventilada. Se estiver em um laboratório, é recomendado o uso de óculos de segurança para proteção adicional.

6) Roteiro detalhado de realização do experimento, incluindo o que o mediador irá falar e perguntar aos alunos.

Para realizar o experimento, comece colocando dois copos de água para aquecer. Quando a água estiver bem quente, adicione uma quantidade generosa de acetato de sódio até que ele não se dissolva mais. Isso pode ser observado quando começa a se formar um resíduo no fundo do copo. É importante lembrar que a solubilidade do acetato de sódio é de 76 gramas para cada 100 mililitros de água em temperatura ambiente. Mexa bem a solução até que o excesso do produto esteja visível no fundo do copo.

Em seguida, transfira cuidadosamente a solução para um copo limpo, evitando que o resíduo sólido do fundo vá junto. Deixe a solução em repouso até que esfrie completamente e retorne à temperatura ambiente. Se desejar acelerar esse processo, você pode colocar o copo na geladeira.

Quando a solução estiver fria, adicione um pequeno cristal de acetato de sódio e observe a reação. A solução começará a se cristalizar rapidamente, formando estruturas sólidas semelhantes a gelo.

Durante a apresentação, o mediador deve mostrar o copo com a solução para os alunos, sem revelar que se trata de água com acetato de sódio. Em seguida, ele pode pegar uma pequena quantidade de acetato de sódio em pó e apresentá-lo como se fosse um sal comum. Nesse momento, os alunos devem ser incentivados a criar hipóteses sobre o que acontecerá ao adicionar o sal na solução.

Após ouvir as hipóteses, o mediador deve posicionar o copo em um local visível para todos e adicionar o sal à solução. Quando a água se transforma em gelo, ele pode explicar que, geralmente, o gelo é encontrado em temperaturas mais baixas. Para reforçar esse conceito, o mediador pode pedir a um voluntário que verifique se o gelo está quente.

Por fim, o mediador deve discutir com os alunos quais hipóteses se concretizaram e quais não. Após essa reflexão, ele deve fornecer a explicação científica do experimento, abordando o conceito de solução supersaturada e cristalização, concluindo assim a dinâmica.

7) A explicação científica correta dos fenômenos visualizados na realização do experimento ou da exposição ao público.

Quando aquecemos o solvente (água) e dissolvemos um soluto (acetato de sódio), estamos preparando uma solução saturada a uma temperatura acima do ponto de fusão do acetato de sódio, que é cerca de 54 °C. Quando a solução é resfriada, ela se torna supersaturada, pois contém mais soluto dissolvido do que seria normalmente possível naquela temperatura.

No entanto, conforme mencionado, essa solução é muito instável, e qualquer perturbação, como uma batidinha, pode fazer com que o excesso de soluto se cristalize. Para iniciar a cristalização, é necessária uma pequena ajuda, que neste experimento é proporcionada pela adição de um pequeno cristal de acetato de sódio à solução. Esse cristal atua como um gérmen de cristalização (ou cristal-semente), funcionando como um centro onde a cristalização começa e se propaga pelo recipiente.

A partir desse gérmen, os cristais começam a se formar na forma de agulhas e a cristalização prossegue até que todo o soluto em excesso seja convertido em cristais. Esse processo ocorre porque o gérmen reorganiza a rede cristalina, fazendo com que a solução se transforme em sólido. Durante essa transformação, há liberação de calor latente, ou seja, o sistema libera energia acumulada durante a dissolução na forma de calor.

A cristalização acontece rapidamente devido à liberação dessa energia quando as moléculas de acetato de sódio se organizam em uma estrutura cristalina. Como o processo é exotérmico, o calor liberado faz com que o “gelo” formado fique morno ao toque. A solução supersaturada é metaestável e, ao ser perturbada, reorganiza-se rapidamente em uma fase sólida, liberando a energia armazenada.

Esse fenômeno é um exemplo de sobrefusão e nucleação heterogênea. É amplamente estudado em química e física para compreender o comportamento de soluções supersaturadas e os processos de transição de fase.

Referências:

<https://www.xciencia.org/2024/02/22/solucao-supersaturada-de-acetato-de-sodio/>

Site Brasil Escola.