

DETERMINAÇÃO DE PRODUTO DE SOLUBILIDADE

Experiência para Laboratório de Química Geral

Matthieu Tubino

Instituto de Química
Universidade Estadual de Campinas
Caixa Postal 1170, CEP 13.100, Campinas, SP, Brasil

(Recebido em 19/06/80)

Com certeza é do seu conhecimento o significado de produto de solubilidade e você realiza cálculos, à isto relacionados, com facilidade. Neste trabalho nós descrevemos uma experiência que lhe fornecerá, como resultado, o produto de solubilidade do cloreto de chumbo (II);

Como o Kps é função da temperatura, será necessário o uso de um termômetro. Além disto, também serão utilizados:

- 3 bequers de 50 ml;
- 2 bequers de 100 ml;
- 1 bequer de 250 ml;
- 1 funil de vidro;
- papel de filtro;
- suporte para funil;
- espátula;
- bico de bunsen com tripé e tela de amianto;
- uma proveta de 50 ml;
- um bastão de vidro;
- gelo;
- cloreto de chumbo (II);
- balança.

É evidente que para termos o Kps, necessitamos determinar as concentrações dos ions em um certo volume de solução onde há corpo de chão, isto é, onde há material não dissolvido. Para isto é necessário adicionar cerca de 1 grama de $PbCl_2$ em 50,0 ml de água destilada, num bequer de 100 ml, agitando cuidadosamente com um bastão de vidro.

Pese este cloreto de chumbo numa balança técnica.

Este sal se dissolverá lentamente até o limite permitido pelo produto de solubilidade, na temperatura da água. Como este processo é um pouco lento, convém acelerá-lo por aquecimento. Dissolveremos, assim, uma quantidade maior do composto mas, resfriando a seguir, o excesso tenderá a precipitar ficando em solução as concentrações relativas aos Kps.

Resfrie, então, a solução aquecida, em banho de gelo até que a temperatura fique entre 20 e 30°C*.

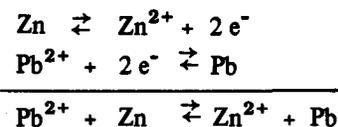
Agora, para determinarmos a concentração de ions presentes podemos promover a retirada do Pb^{2+} ou do Cl^- de modo ser possível a determinação por pesagem. No entanto, como há $PbCl_2$ sólido presente, é necessário separá-lo,

antes, para que este não vá se dissolvendo a medida que retiramos os ions da solução:



Para isto devemos filtrar (recolher num bequer de 100ml cuja massa deve ser determinada numa balança analítica) tomando o cuidado, ao mesmo tempo, de lavar o papel de filtro e o precipitado com um pouco de água destilada gelada.

Aproveitando, agora, o fato de que o zinco, na presença de Pb^{2+} , passa à Zn^{2+} , com a simultânea deposição de chumbo metálico, podemos adicionar uma massa conhecida de Zn na solução e deixar a reação ocorrer, pesando a seguir, o material restante, para comparação de massas.



Pese então, entre 15 e 20 gramas de zinco, em lentilhas, num bequer de 50 ml, utilizando uma balança analítica. Adicione, a seguir, este zinco, no filtrado de cloreto de chumbo. Aguarde 30 minutos para ocorrer a reação. Decorrido este prazo, retire o líquido sobrenadante e lave o zinco remanescente e chumbo reduzido com um pouco de água, a seguir com álcool e, depois, com acetona. Separe sempre o líquido sobrenadante por decantação. Seque, em seguida, numa estufa à 100°C em períodos de 30 minutos até massa constante.

Esta pesagem fornecerá a diferença de massa relativa ao zinco dissolvido e ao chumbo depositado. Será possível, assim, determinar a concentração de Pb^{2+} e de Cl^- na solução trabalhada e, portanto, o produto de solubilidade do cloreto de chumbo.

Aos Professores: Comentários

Esta experiência, apesar de ser extremamente simples, encerra vários conceitos fundamentais e, ainda, oferece o aprendizado de técnicas elementares de laboratório.

* O conhecimento desta é necessário para que você possa comparar, depois, o seu resultado final com os valores da literatura que fornece dados à temperaturas determinadas, comumente 25°C.

De modo geral, este trabalho tem agradado aos alunos que, espontaneamente, tem manifestado a opinião de terem tido bom proveito da experiência.

Evidentemente, a complementação de alguns dados teóricos e o ensino de certas técnicas de laboratório ficam ao encargo de cada professor.

Os resultados obtidos por 60 alunos de química geral, que trabalharam em grupos de dois, são apresentados logo abaixo. Também são mostrados os valores de Kps obtidos por um aluno bolsista (que tem testado as experiências de Química Geral) e pelo técnico do laboratório de alunos.

Ao se confrontar os dados da literatura, percebemos discordâncias, uma vez que valores como $1,0 \times 10^{-4}$, $2,0 \times 10^{-4}$, $1,6 \times 10^{-5}$, etc., são apresentados. Isto serve de excelente tema de discussão, com os alunos, acerca da validade relativa dos valores encontrados na literatura e, mesmo acerca da confiabilidade dos resultados experimentais.

Entre os problemas que podem aparecer no trabalho de laboratório, um é a oxidação da superfície do chumbo depositado, finamente dividido, com a formação do PbO (amarelo), Pb(OH)₂ (branco), etc. Alguns alunos tentam justificar possíveis resultados altos, a partir desta oxidação. Se, no entanto, considerarmos que o chumbo se transforma totalmente em, por exemplo, Pb(OH)₂, haveria um aumento da massa da ordem de 17%. Como esta oxidação se limita somente à superfície do chumbo, o aumento final de massa que ocorrerá, devido à isto, será menor que o acima indicado. Portanto, a maioria dos resultados altos não pode ser justificada pela formação de óxido e hidróxido de chumbo. Normalmente o que ocorre é a secagem incompleta da mistura chumbo-zinco. A super saturação da solução de cloreto de chumbo, também, pode ocasionar resultados neste sentido.

Calculos



$$m_1 \quad m_2 \quad m_3 \quad m_4$$

m_1 = massa de chumbo na solução

m_2 = massa inicial de zinco

m_3 = massa de chumbo depositado

m_4 = massa de zinco dissolvido

$(m_2 - m_4) + m_3 = m'$ massa de zinco restante mais a do chumbo depositado

$m' - m_2 = m''$ diferença entre a massa da mistura chumbo-zinco e a massa inicial de zinco

$$m'' = m_2 - m_4 + m_3 - m_2 = m_3 - m_4$$

o número de moles $n_1 = m_1 / \text{MA}_1$

$$m'' = n_3 \text{MA}_{\text{Pb}} - n_4 \text{MA}_{\text{Zn}}$$

como $n_3 = n_4$

$$m'' = n_3 207,2 - n_3 65,4$$

$n_3 = m'' / 141,8 = n_1$, número de moles de chumbo em 50,0 ml da solução.

$$\text{Pb}^{2+} = n_1 \cdot 1000,0 / 50,0 = n_1 \cdot 20,0$$

$$[\text{Cl}^-] = 2[\text{Pb}^{2+}]$$

$$K_{\text{ps}} = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{Cl}^-]^2 = 4[\text{Pb}^{2+}]^3$$

Fig. 1 - Histograma de incidência de valores de $-\log K_{\text{ps}}$.

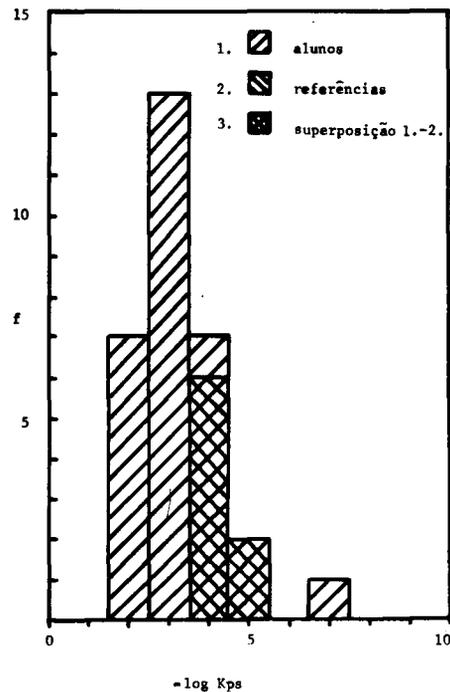


Tabela 1 - Resultados obtidos por 60 alunos de Química Geral, trabalhando em grupos de dois.

Temperatura $26 \pm 2^\circ \text{C}$		
faixa de resultados $/(\text{mol/l})^{-1}$	frequência (f) / grupos de alunos	valor médio $/(\text{mol/l})^{-1}$
$2,6 \cdot 10^{-7} - 8,1 \cdot 10^{-4}$	17	$2,9 \cdot 10^{-4}$
$1,5 \cdot 10^{-3} - 1,2 \cdot 10^{-2}$	13	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Média Geral = $2,4 \cdot 10^{-3} (\text{mol/l})^{-1}$		

Tabela 2 - Valores de produtos de solubilidade atribuídos ao Cloreto de chumbo.

K_{ps} $/(\text{mol/l})^{-1}$	Temperatura $/^\circ \text{C}$	Referência
$(1,3 \pm 0,1) \cdot 10^{-4}$	25	1
$2,0 \cdot 10^{-4}$	27	2
$2,0 \cdot 10^{-4}$	--	3
$1,0 \cdot 10^{-4}$	25,2	4
$1,8 \cdot 10^{-4}$	20	5
$1,6 \cdot 10^{-5}$	25	6
$1,7 \cdot 10^{-5}$	25	7
$2,3 \cdot 10^{-4}$	25	8

¹M. A. T. Cesário, Bolsista de Trabalho do Convênio UNICAMP/MEC/DAE. testou a experiência descrita.

²E. M. S. Croser: Técnica de laboratório de Química Geral do Instituto de Química da UNICAMP. Testou a experiência descrita.

³F. B. Marti, F. L. Conde, S. A. Jimeno, *Química Analítica Qualitativa*, PARANINFO, Madrid, 1964, 4ª ed. pg. 584.

⁴N. A. Lange, editor, *Handbook of Chemistry*, 10ª ed. McGraw Hill Book Company, pg. 1117.

⁵*Handbook of Chemistry and Physics*, 58ª edição, CRC Press, pg. B-123.

⁶A. J. Bard, *Equilíbrio Químico*, Ediciones del Castillo S.A., Madrid, 1970, pg. 207.

⁷O. A. Ohlweiler, *Introdução à Química Geral*, Editora O Globo, 1967, pg. 465.

⁸P. Pascal, *Nouveau Traité de Chimie Minérale*, Masson et Cie Editeurs VIII, pg. 537.