



EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

QUÍMICA INORGÂNICA EXPERIMENTAL I

EDITORA
UFMG

**QUÍMICA INORGÂNICA
EXPERIMENTAL I**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Reitor: Ronaldo Tadéu Pena

Vice-Reitora: Heloisa Maria Murgel Starling

Pró-Reitoria de Graduação

Pró-Reitor: Mauro Braga

Pró-Reitora Adjunta: Carmela Maria Pólito Braga

Coordenadora do Centro de Apoio à Educação a Distância:

Maria do Carmo Vila

EDITORA UFMG

Diretor: Wander Melo Miranda

Vice-Diretora: Silvana Cóser

Conselho Editorial

Wander Melo Miranda (presidente)

Carlos Antônio Leite Brandão

José Francisco Soares

Juarez Rocha Guimarães

Maria das Graças Santa Bárbara

Maria Helena Damasceno e Silva Megale

Paulo Sérgio Lacerda Beirão

Silvana Cóser

JOSÉ DANILO AYALA
VITO MODESTO DE BELLIS

QUÍMICA INORGÂNICA EXPERIMENTAL I

Belo Horizonte
Editora UFMG
2006

© 2006, OS AUTORES

© 2006, Editora UFMG

Este livro ou parte dele não pode ser reproduzido por qualquer meio sem autorização escrita do Editor.

A973q Ayala, José Danilo
Química inorgânica experimental I / José Danilo Ayala, Vito Modesto De Bellis. – Belo Horizonte : Editora UFMG, 2006.
??? p. – (Educação a Distância)

Inclui referências.

ISBN: 85-7041-537-0

ISBN: 85-7041-542-7 (Série)

1. Química inorgânica. I. De Bellis, Vito Modesto. II. Título.
III. Série.

CDD: 546

CDU: 546

Ficha catalográfica elaborada pela CCQC - Central de Controle de Qualidade da Catalogação da Biblioteca Universitária da UFMG

Este livro recebeu o apoio financeiro da Secretaria de Educação a Distância do MEC.

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO DE TEXTOS DE QUÍMICA: Amary César Ferreira

EDITORAÇÃO DE TEXTOS: Ana Maria de Moraes

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO: Alexandre Vasconcelos de Melo

REVISÃO DE PROVAS: Alexandre Vasconcelos de Melo

PRODUÇÃO GRÁFICA: Warren M. Santos

PROJETO GRÁFICO e CAPA: Eduardo Ferreira

FORMATAÇÃO: Warren M. Santos

EDITORA UFMG

Av. Antônio Carlos, 6.627 - Ala direita da Biblioteca Central - Térreo

Campus Pampulha - 31270-901 - Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3499-4650 - Fax: (31) 3499-4768

www.editora.ufmg.br - editora@ufmg.br

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

Av. Antônio Carlos, 6.627 - Reitoria - 6º andar

Campus Pampulha - 31270-901 - Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3499-4654 - Fax: (31) 3499-4060

www.ufmg.br - info@prograd.ufmg.br - educacaoadistancia@ufmg.br

O Curso de Licenciatura em Química da UFMG, modalidade a distância, foi concebido tendo em vista dois princípios fundamentais. O primeiro deles se refere à democratização do acesso à educação superior; o segundo consiste na formação de professores de alto nível, comprometidos com a qualidade da educação no país.

A coletânea da qual este volume faz parte visa dar suporte aos estudantes do Curso. Cada volume está relacionado com um tema, eleito como estruturante na matriz curricular. Ele apresenta os conhecimentos mínimos que são considerados essenciais no estudo do tema. Isto não significa que o estudante deva se limitar somente ao estudo do volume. Ao contrário, ele é o ponto de partida na busca de um conhecimento mais amplo e aprofundado sobre o assunto. Nessa direção, cada volume apresenta uma bibliografia, com indicação de obras impressas e obras virtuais, que deverá ser consultada à medida que se fizer necessário.

Cada volume da coletânea está dividido em aula, que consistem em unidades de estudo do tema tratado. Os objetivos, apresentados em cada início de aula, indicam as competências e habilidades que o estudante deve adquirir ao término de seu estudo. As aulas podem se constituir em apresentação, reflexões e indagações teóricas, em experimentos ou em orientações para atividades a serem realizadas pelos estudantes.

Para cada aula ou conjunto de aulas, foi elaborada uma auto-avaliação, com o objetivo de levar o estudante a avaliar o seu progresso e a desenvolver estratégias de metacognição ao se conscientizar dos diversos aspectos envolvidos em seus processos cognitivos. A auto-avaliação auxiliará o estudante a tornar-se mais autônomo, responsável, crítico, capaz de desenvolver sua independência intelectual. Caso ela mostre que as competências e habilidades indicadas nos objetivos não foram alcançadas, ele deverá estudar com mais afinco e atenção o tema proposto, reorientar seus estudos ou buscar ajuda dos tutores, professores especialistas e colegas.

Agradecemos a todas as instituições que colaboraram na produção desta coletânea. Em particular, agradecemos às pessoas (autores, coordenador da produção gráfica, coordenadores de redação, desenhistas, diagramadores, revisores) que dedicaram seu tempo e esforço na preparação desta obra que, temos certeza, em muito contribuirá para a educação brasileira.

Maria do Carmo Vila
Coordenadora do Centro de Apoio à Educação a Distância



Este livro, organizado por José Danilo Ayala e Vito De Bellis, foi adaptado a partir da apostila "Práticas de Química Inorgânica I", elaborada pelos professores Ana M. Soares, José M. Rezende, Júlia M. K. Baba, Luiz C. G. Lima, M. Helena M. F. Cardoso, M. Josephina B. F. Fantagussi e Sandra Carvalho. Contribuíram, também, para a apostila os professores Carlos A. L. Filgueiras, N. P. Farrel e Ruth H. Ungaretti Borges.

Ao longo dos anos foram realizadas modificações e revisões com a participação dos professores Adolfo Pimenta de Pádua, Elene C. P. Maia, Miriam Bernardes G. de Lima, Maria Irene Yoshida, Ynara Marina Idemori, José Danilo Ayala e Vito Modesto De Bellis.

Gostaríamos de externar os nossos agradecimentos a todos os nossos colegas do Departamento de Química, acima mencionados, e aos que, direta ou indiretamente, contribuíram na elaboração deste livro.



SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Informações Gerais..... | 11 |
| 1. Química Inorgânica Experimental I | 11 |
| 2. Programa | 11 |
| 3. Funcionamento do laboratório | 12 |
| 4. Recomendações gerais aos alunos..... | 12 |
| 5. Modelo de relatório | 12 |
| 6. Segurança no laboratório..... | 14 |
| | |
| Unidade 1 - PROPRIEDADES E TRANSFORMAÇÕES DA MATÉRIA..... | 17 |
| Aula 1 Propriedades e Transformações da Matéria. | 19 |
| Introdução..... | 19 |
| Parte Experimental | 20 |
| Materiais | 20 |
| Reagentes..... | 20 |
| Procedimento..... | 21 |
| Bibliografia | 25 |
| Exercícios | 25 |
| Aula 2 Identificação de Cátions e Ânions: Via Úmida | 27 |
| Introdução..... | 27 |
| Parte experimental | 27 |
| Materiais | 27 |
| Reagentes e indicadores | 28 |
| Procedimento..... | 28 |
| Bibliografia | 30 |
| Exercícios..... | 30 |
| | |
| Unidade 2 - SÍNTESES INORGÂNICAS..... | 31 |
| Aula 3 Obtenção e Caracterização do Ácido Clorídrico..... | 33 |
| Introdução..... | 33 |
| Parte experimental | 34 |
| Materiais | 34 |
| Reagentes e indicadores | 35 |
| Procedimento..... | 35 |
| Bibliografia | 39 |
| Exercícios | 39 |

| | | |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Aula 4 | Obtenção e Caracterização da Amônia..... | 41 |
| | Introdução..... | 41 |
| | Parte experimental | 42 |
| | Materiais | 42 |
| | Reagentes e indicadores | 43 |
| | Procedimento..... | 43 |
| | Bibliografia | 47 |
| | Exercícios | 47 |
| Aula 5 | Obtenção e Caracterização da Água Oxigenada..... | 49 |
| | Introdução..... | 49 |
| | Parte Experimental | 52 |
| | Materiais | 52 |
| | Reagentes e indicadores | 52 |
| | Procedimento | 53 |
| | Bibliografia | 55 |
| | Exercícios | 55 |
| Unidade 3 | - PLANO DE SÍNTESE INORGÂNICA..... | 57 |
| | Introdução | 57 |
| Aula 6 | Síntese e Caracterização de um Composto Inorgânico..... | 59 |
| | Modelo do plano de síntese..... | 59 |
| | Modelo do relatório da síntese de um composto inorgânico | 61 |
| | Lista dos compostos inorgânicos a serem obtidos e caracterizados com as respectivas referências | 62 |
| | Bibliografia recomendada | 63 |
| Anexo | Técnicas de Laboratório | 65 |
| | 1.- Filtração | 65 |
| | 2. Pulverização de uma substância..... | 67 |
| | 3. Secagem de substâncias sólidas | 67 |
| | 4. Classificação Periódica dos Elementos..... | 69 |

Informações Gerais

As atividades propostas para a parte prática da disciplina Química Inorgânica Experimental I visam proporcionar ao aluno a oportunidade para trabalhar com autonomia e segurança em um laboratório de química. Procurar-se-á, para isto, não apenas desenvolver a habilidade no manuseio de reagentes e aparelhagens, mas também criar condições para uma avaliação crítica dos experimentos realizados.

1. QUÍMICA INORGÂNICA EXPERIMENTAL I

As atividades das aulas práticas estão estruturadas de maneira seqüencial, tal que, após uma etapa inicial onde o trabalho é desenvolvido em grupo, o aluno se encontra apto a realizar experiências individualmente, com a supervisão do tutor.

A dinâmica das aulas requer o cumprimento das seguintes etapas:

- leitura com antecedência, pelos alunos, do assunto a ser abordado em aula;
- discussão inicial, com o tutor, dos aspectos teóricos e práticos relevantes;
- execução, pelos alunos, dos experimentos utilizando guias práticos;
- interpretação e discussão dos resultados juntamente com o tutor;
- apresentação dos resultados de cada experimento em forma de relatório.

Naturalmente, o aproveitamento em uma aula prática depende, de maneira geral, do cumprimento destas etapas. Como trabalho complementar, os alunos são estimulados a responder aos exercícios referentes a cada um dos assuntos estudados, visando sedimentar os conhecimentos adquiridos.

2. PROGRAMA

Unidade 1: Propriedades e transformações da matéria.

Unidade 2: Sínteses Inorgânicas. Preparação de alguns compostos em estados físicos diferentes. Nessa etapa, os alunos recebem roteiros detalhados para obter e caracterizar cada composto.

Unidade 3: Projeto de Síntese Inorgânica. Essa é uma atividade destinada a aplicar e avaliar as informações e as habilidades adquiridas

no decorrer das unidades anteriores, através da execução de uma tarefa específica: a síntese e caracterização de um composto inorgânico. Tendo em mãos a indicação bibliográfica mais adequada para a obtenção do composto, deve-se preparar um plano de trabalho, executar a síntese no laboratório e elaborar um relatório detalhado da experiência.

3. FUNCIONAMENTO DO LABORATÓRIO

Considerando a estruturação das atividades, visando propiciar ao aluno autonomia e independência em um laboratório de química, os alunos não encontrarão as bancadas prontas para os experimentos, sendo estimulados a conhecer os estoques de materiais e selecioná-los segundo a especificidade de cada experimento.

4. RECOMENDAÇÕES GERAIS AOS ALUNOS

1. O uso do material didático desta disciplina é imprescindível a partir da primeira aula.
2. O aluno deverá se inteirar, a partir da primeira aula, das instalações do laboratório, bem como de suas normas de funcionamento.
3. É obrigatório, por razões de segurança, o uso de avental durante as aulas.
4. O material do laboratório deve ser usado sempre de maneira adequada. Usar somente aqueles reagentes e soluções especificadas.
5. Não é permitido fumar, comer ou beber nos laboratórios.
6. Todo o material usado deve ser lavado ao final de cada aula e organizado no local apropriado (mesas, bancadas ou armários).
7. A bancada de trabalho deve ser limpa ao final de cada atividade.
8. Após o uso, deixar os reagentes nos devidos lugares.
9. Devem ser evitadas conversas em voz alta e assuntos alheios à aula.
10. As normas de segurança relacionadas no texto *Segurança no laboratório* devem ser lidas e seguidas atentamente.

5. MODELO DE RELATÓRIO

Os relatórios devem ser redigidos pelos alunos, considerando que outras pessoas, além do tutor, estão interessadas em obter e analisar as informações sobre os fatos observados. Estes leitores não conhecem, *a priori*, o procedimento e os resultados previstos de cada experiência e precisam, portanto, serem instruídos e convencidos da validade dos resultados e conclusões obtidos. Desta forma, é

importante que todas as etapas do experimento sejam descritas e discutidas de modo claro e conciso.

O relatório deve conter:

Título da aula.

Identificação do aluno, especificando-se também a turma, a data e o tutor.

Introdução. Apresentação do assunto, procurando demonstrar sua importância e interesse. Aqui também devem ser incluídas as considerações gerais sobre as condições que os experimentos e análises teóricas devem ser seguidos.

Objetivo. Descrição sucinta dos objetivos da experiência.

Parte experimental. Nessa etapa, o importante é organizar os eventos ocorridos durante a aula, descrevendo-se de modo resumido os procedimentos executados e as observações feitas. Os reagentes devem ser relacionados, colocando-se a marca e a concentração. Os materiais devem também ser listados, indicando-se o tipo e a capacidade de cada um, além da quantidade necessária para o experimento. Este item pode, por razões de clareza, ser dividido em duas partes :

(a) Reagentes e Materiais e

(b) Procedimentos.

Resultados. Tratamento dos dados obtidos, apresentados, sempre que conveniente, através de tabelas e/ou gráficos. A maneira como os cálculos foram realizados devem estar claramente indicados. No caso das sínteses dos compostos, por exemplo, é preciso colocar sempre os resultados referentes aos rendimentos teórico e prático. As mudanças macroscópicas observadas (mudança de cor, evolução de gás e/ou formação de precipitado) devem ser relatadas. As reações químicas devem ser descritas na forma de equações químicas balanceadas, onde figurem os estados físicos dos reagentes e dos produtos.

Discussão dos resultados. Os resultados quantitativos devem ser analisados tanto em relação à precisão quanto à exatidão (peculiaridades do sistema estudado, limitações do método empregado, erros operacionais, qualidade dos aparelhos de medida, concordância com os valores teóricos ou esperados, etc.). Os resultados qualitativos devem ser explicados, baseando-se nos conhecimentos teóricos (leis, propriedades físicas e químicas, equações químicas, etc.).

Conclusão. A conclusão deve ser uma apreciação global dos experimentos, avaliando se os objetivos propostos foram alcançados.

Bibliografia. Relação de todas as fontes (artigos, livros, apostilas, etc.) consultadas para a realização dos experimentos e na redação do relatório.

6. SEGURANÇA NO LABORATÓRIO

É muito importante que todas as pessoas que lidam em um laboratório tenham uma noção bastante clara dos riscos existentes e de como diminuí-los. Nunca é demais repetir que o melhor combate aos acidentes é a sua prevenção. O descuido de uma única pessoa pode pôr em risco todos os demais no laboratório. Por esta razão, as normas de segurança descritas abaixo terão seu cumprimento exigido. Acima de tudo, espera-se, porém, que todos tomem consciência da importância de se trabalhar em segurança, do que só resultarão benefícios para todos.

1. Será exigido de todos os estudantes e tutores o uso de avental ou guarda-pó no laboratório. A não observância desta norma gera roupas furadas por agentes corrosivos, queimaduras, etc.
2. Os alunos não devem tentar nenhuma reação não especificada pelo tutor. Reações desconhecidas podem causar resultados desagradáveis.
3. É terminantemente proibido fumar em qualquer laboratório. Quem não puder esperar até o fim do horário deve sair para o corredor.
4. É proibido trazer comida ou bebida para o laboratório, por razões óbvias. Da mesma forma, não se deve provar qualquer substância do laboratório, mesmo que aparentemente inofensiva.
5. Não se deve cheirar um reagente diretamente. Os vapores devem ser abanados em direção ao nariz, enquanto se segura o frasco com a outra mão.
6. Não usar sandálias no laboratório. Usar sempre algum tipo de calçado que cubra todo o pé.
7. Nunca acender um bico de gás quando alguém no laboratório estiver usando algum solvente orgânico. Os vapores de solventes voláteis, como éter etílico, podem se deslocar através de longas distâncias e se inflamar facilmente.
8. Não deixar livros, blusas, etc., jogados nas bancadas. Ao contrário, colocá-los longe de onde se executam as operações.
9. Nunca despejar água num ácido ou base, mas sim o ácido ou base sobre a água. Além disso, o ácido ou base deve ser adicionado lentamente, com agitação constante. Discutir a razão desta norma com o tutor.
10. Comunicar imediatamente ao tutor qualquer acidente ocorrido.
11. Identifique a localização e aprenda a utilizar o extintor de incêndio existente nas proximidades do laboratório.

12. Certas iniciativas, em caso de pequenos acidentes, podem ser úteis. Exemplos:

- queimaduras por agentes corrosivos como ácidos ou álcalis: lavar a área atingida repetidas vezes com bastante água de torneira e depois com solução de bicarbonato de sódio (para neutralizar ácidos) ou ácido acético (para neutralizar bases). Esta última etapa deve ser suprimida se a queimadura for muito severa, pois o calor da reação resultante poderá piorar a situação. Neste caso, usar apenas água corrente e chamar o tutor. Sugere-se aos portadores de lentes de contato que não as usem no laboratório, devido ao perigo de, num acidente, ocorrer a retenção de líquido corrosivo entre a lente e a córnea;
 - todas as vezes em que ocorrer um acidente com algum aparelho elétrico (centrífuga, por exemplo), puxar imediatamente o pino da tomada;
 - ao cortar um tubo de vidro ou tentar inseri-lo numa rolha de borracha, enrolar ambos num pedaço de pano a fim de evitar cortes;
 - cuidado com mercúrio entornado (de termômetros quebrados, por exemplo). O mercúrio, além de corrosivo, é muito tóxico. Deve-se coletá-lo ou cobri-lo com enxofre ou zinco em pó;
 - procurar conhecer a toxidez dos vários reagentes usados e tratá-los com a devida seriedade;
 - lembrar que em caso de incêndio, na ausência de um extintor, um avental pode servir como um cobertor para abafar as chamas.
13. Finalmente, a atenção adequada ao trabalho evita a grande maioria dos acidentes. É muito importante ter a certeza de que se sabe perfeitamente bem o que se está fazendo.

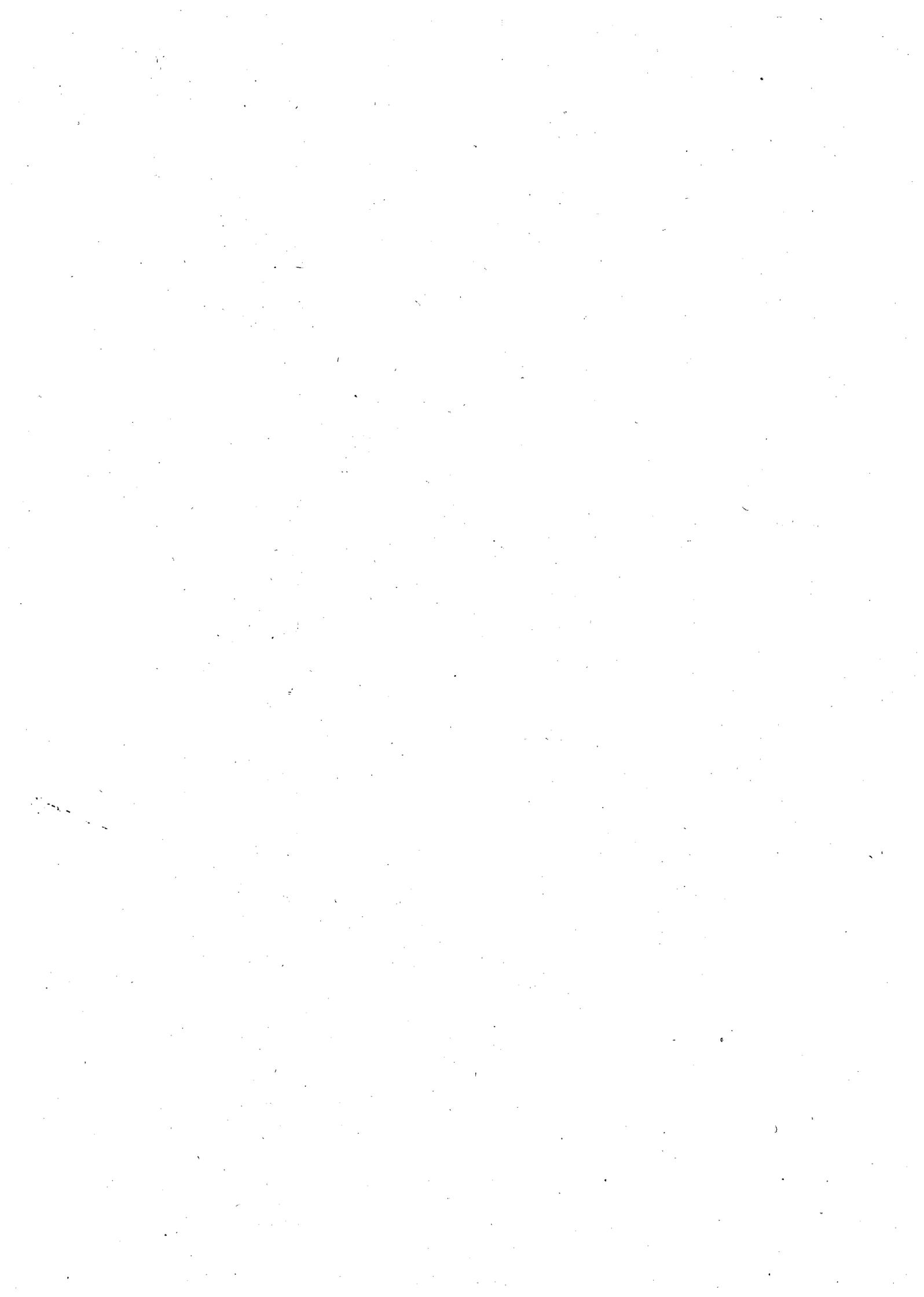


Unidade 1

PROPRIEDADES E TRANSFORMAÇÕES DA MATÉRIA

OBJETIVOS DESTA UNIDADE

- Observar os fenômenos relacionados com as mudanças do estado de agregação da matéria.
 - Ilustrar reações de óxido-redução, precipitação, complexação, evolução de gás e de decomposição.
 - Ilustrar fenômenos de eflorescência, deliquescência, oxidação de sais, absorção de dióxido de carbono e decomposição fotoquímica de sais.
-



PROPRIEDADES E TRANSFORMAÇÕES DA MATÉRIA

Objetivos

- Observar os fenômenos relacionados com as mudanças do estado de agregação de alguns compostos.
 - Estudar e realizar reações de óxido-redução, precipitação, evolução de gás, decomposição e de desidratação.
 - Estudar os fenômenos de eflorescência, deliquescência, oxidação de sais, absorção de dióxido de carbono e decomposição fotoquímica de sais.
-

INTRODUÇÃO

O aquecimento de um determinado composto durante a realização de um experimento deve ser feito com cuidado para evitar a decomposição do mesmo. Na primeira parte da experiência sobre propriedades e transformações da matéria, será realizado inicialmente um aquecimento brando de um sal e posteriormente um aquecimento mais intenso. Ao final de cada aquecimento será feito teste por via úmida para verificar se houve alguma modificação com o ânion presente no sal.

Outras transformações serão realizadas neste experimento, envolvendo processos de decomposição, desidratação, oxidação e absorção de dióxido de carbono.

Podemos verificar que sob a ação de fenômenos físicos ou químicos os compostos podem sofrer transformações físicas – no primeiro caso – de estado de agregação da matéria, como também transformações – no segundo caso – que provocam modificações mais bruscas na composição química das espécies presentes em um determinado processo denominado reações químicas. Em ambos os casos, ocorrem quebra e formação de ligações, sendo que nas transformações físicas não há modificação química das espécies presentes, enquanto que nas químicas há modificações e as mesmas podem ser descritas através de equações químicas apropriadas.

Outro aspecto que gostaríamos de abordar neste experimento diz respeito aos cuidados que se deve ter no armazenamento de determinadas substâncias. É comum, em um laboratório, ao se abrir um frasco de um determinado reagente, verificar que o sólido armazenado se apresenta muito úmido e, em alguns casos, não se ter mais um sólido e sim uma solução do mesmo. Substâncias que retiram umidade da atmosfera são denominadas de higroscópicas e podem ser utilizadas como secante, por exemplo, em um dessecador (ver o Anexo). As que absorvem umidade e chegam a perder a própria consistência, formando uma solução ou fase líquida, são denominadas de deliqüescentes (do lat. *Deliquescente*: tornar-se líquido).

Portanto, todos os compostos deliqüescentes são higroscópicos, mas existem muitas substâncias higroscópicas que absorvem vapor d'água sem serem deliqüescentes.

O fenômeno inverso, ou seja, quando uma substância perde água ao ser exposta à atmosfera, é denominado eflorescência (do lat. *florescere*: florescer). Isto pode ocorrer com compostos que apresentam moléculas de água na sua estrutura cristalina.

Além dos fenômenos provocados pela perda ou absorção de água, outros fatores (tais como; oxigênio do ar, calor, dióxido de carbono, luz, etc.) podem provocar alterações nas propriedades de determinadas substâncias, como poderemos comprovar com a realização de alguns experimentos.

Devido à suscetibilidade apresentada por muitos compostos frente a agentes físicos e químicos, os quais atuam quase sempre em conjunto, é imprescindível que cuidados especiais sejam tomados no armazenamento destes compostos, para preservar a integridade dos mesmos.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiais

- Béquer de 50 mL;
- Canudo plástico;
- Centrífuga;
- Pisseta;
- Suporte para tubo de ensaio;
- Tubos de ensaio;
- Vidros de relógio;

Reagentes

- Água de barita – Solução saturada de $\text{Ba}(\text{OH})_2$;

- Solução 6,0 mol.L⁻¹ de HCl;
- Solução 3,0 mol.L⁻¹ de HNO₃;
- Solução 0,10 mol.L⁻¹ de H₂SO₄;
- Solução 0,10 mol.L⁻¹ de CaCl₂;
- Solução 0,10 mol.L⁻¹ de AgNO₃;
- Solução 0,10 mol.L⁻¹ de KMnO₄;
- Solução 0,10 mol.L⁻¹ de FeSO₄;
- Solução 0,10 mol.L⁻¹ de NH₄SCN;
- CaCl₂ sólido;
- CuSO₄.5H₂O sólido;
- FeSO₄.7H₂O sólido;
- ZnSO₄.7H₂O sólido;
- NH₄Cl sólido;
- NaCl sólido;
- NiCl₂.6H₂O sólido;
- NaHCO₃ sólido;
- NaOH sólido;
- KNO₃ sólido;
- Na₂S₂O₃.5H₂O sólido.

Procedimento

1. Mudanças de Estado de uma Substância

Fusão do Nitrato de Potássio

- Coloque em um tubo de ensaio seco uma pequena quantidade de nitrato de potássio e aqueça, suavemente, utilizando um bico de gás, até a sua fusão completa. Retire o tubo de ensaio da chama e observe as mudanças no aspecto físico do seu conteúdo.
- Deixe esfriar e acrescente um pouco de água destilada ao tubo de ensaio para a dissolução do resíduo (se necessário, aqueça ligeiramente para facilitar a dissolução).
- Acidule a solução contida no tubo com solução de ácido sulfúrico 0,10 mol.L⁻¹ e adicione uma gota de solução de permanganato de potássio 0,10 mol.L⁻¹. Observe e anote o resultado.
- Verifique no manual *Handbook of chemistry and physics* o ponto de fusão do nitrato de potássio.

2. Ensaio por Via Seca e Úmida

A. Decomposição do Nitrato de Potássio

- Coloque em um tubo de ensaio seco uma pequena quantidade de nitrato de potássio e aqueça, **fortemente**. Continue aquecendo mesmo depois que o sal fundir.
- Deixe esfriar e acrescente um pouco de água destilada no tubo de ensaio para a dissolução do resíduo (se necessário, aqueça ligeiramente para facilitar a dissolução).
- Transfira um pouco da solução para um tubo de ensaio e realize o seguinte ensaio para identificação do íon nitrito:
Acidule com solução de ácido sulfúrico $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ a solução contida no tubo de ensaio e depois adicione uma gota de solução de permanganato de potássio $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$. Observe e anote o resultado.
- Verifique no manual *Handbook of chemistry and physics* o ponto de fusão do nitrito de potássio.
- Compare os resultados obtidos com os realizados no item 1.

B. Aparente Sublimação

- Coloque em um tubo de ensaio seco uma pequena quantidade de cloreto de amônio, aqueça e observe a aparente sublimação desse composto.

C. Desidratação de Sais

- Coloque em um tubo de ensaio seco uma pequena quantidade de sulfato de cobre(II) pentaidratado, aqueça suavemente e observe o que ocorre. Após o resfriamento, adicione uma gota de água e observe novamente.
- Coloque em um tubo de ensaio seco uma pequena quantidade de cloreto de níquel(II) hexaidratado, aqueça suavemente e observe o que ocorre. Após o resfriamento, guarde parte do resíduo e ao restante adicione uma gota de água e observe novamente.
- Verifique no manual *Handbook of chemistry and physics* o ponto de fusão do sulfato de cobre(II) pentaidratado.

D. Decomposição do Hidrogenocarbonato de Sódio

- Coloque em um tubo de ensaio seco uma pequena quantidade de bicarbonato de sódio, aqueça e observe o que ocorre. Após o resfriamento, adicione algumas gotas de solução de ácido clorídrico $6,0 \text{ mol.L}^{-1}$ e observe novamente.

- Verifique no manual *Handbook of chemistry and physics* o ponto de fusão do bicarbonato de sódio.

E. Crepitação

- Coloque em um tubo de ensaio seco uma pequena quantidade de cloreto de sódio, aqueça cuidadosamente. Observe o fenômeno da crepitação.
- Verifique no manual *Handbook of chemistry and physics* o ponto de fusão do cloreto de sódio.

3. Eflorescência, Deliquescência, Oxidação de Sais, Absorção de Dióxido de Carbono e Decomposição Fotoquímica de Sais.

A. Eflorescência de Sais Hidratados

- Sobre uma folha de papel de filtro, coloque alguns cristais dos seguintes sais hidratados: sulfato de cobre(II) pentaidratado, sulfato de zinco heptaidratado e tiossulfato de sódio pentaidratado. Deixe até a próxima aula e observe o que ocorre.

B. Deliquescência de Sais

- Coloque em um vidro de relógio ou béquer uma pequena quantidade de cloreto de cálcio anidro e deixe-o sobre a bancada. Se não ocorrer nenhuma mudança perceptível até o final da aula, deixe até a próxima aula e observe o ocorrido.

C. Oxidação de Sais

- Coloque em um vidro de relógio ou béquer uma pequena quantidade de sulfato de ferro(II) e observe a cor do mesmo. Deixe até a próxima aula (de preferência em atmosfera úmida) e observe o que ocorre.

Depois faça os seguintes testes:

- coloque em tubos de ensaio diferentes quantidades iguais do sulfato de ferro(II) exposto ao ar e do sal não exposto,
- dissolva com água, adicione 10 gotas da solução de tiocianato de amônio $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$,
- observe o que ocorre.
- explique o ocorrido.

D. Absorção de Dióxido de Carbono

D.1. Hidróxido de sódio

- Coloque em um vidro de relógio ou béquer algumas pastilhas de hidróxido de sódio.
- Deixe exposto ao ar até a próxima aula.
- À solução resultante, adicione algumas gotas de solução de ácido clorídrico $6,0 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Verifique o que ocorre.

D.2. Água de barita - Ba(OH)_2

- Coloque 10 mL de água de barita em um béquer.
- Com o auxílio de um canudó plástico, borbulhe o ar dentro do líquido, durante algum tempo.
- Observe o que ocorre.
- Transfira parte do conteúdo do béquer para um tubo de ensaio e centrifugue.
- Despreze o sobrenadante.
- Ao resíduo acrescente cinco gotas de solução de ácido nítrico $3,0 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Explique o que ocorre.

E. Decomposição Fotoquímica de Sais

- Em dois tubos de ensaio, adicione cinco gotas de solução de AgNO_3 , cinco gotas de solução de CaCl_2 e agite.
- Observe e anote o resultado.
- Deixe um dos tubos em repouso em presença de luz e o outro em repouso na ausência de luz.
- Observe e anote os resultados.
- Explique o que ocorre.

Bibliografia

GIESBRECHT, E. (Coord.). *Experiências de química: técnicas e conceitos básicos: PEQ-Projetos de Ensino de Química*. São Paulo: Ed. Moderna/USP, 1979.

VOGEL, A. I. *Química orgânica: análise orgânica qualitativa*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A, 1977. v.1.

VOGEL, A. I. *Química analítica qualitativa*. Trad. A. Gimero. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

Exercícios

1. Que diferença há entre substâncias deliçescentes e substâncias higroscópicas? Utilizando suas propriedades, que aplicações teriam tais substâncias?
2. Que são substâncias eflorescentes?
3. Explique o fenômeno da crepitação.
4. O que ocorre com o sulfato de ferro(II) exposto ao ar?
5. Explique a mudança de cor ocorrida com o sulfato de cobre pentaidratado e cloreto de níquel hexaidratado após o aquecimento.
6. O que ocorre ao se borbulhar o ar, com auxílio de um canudo de plástico, durante algum tempo água de cal - $\text{Ca}(\text{OH})_2$? Escreva a equação química balanceada que descreve este processo.
7. Explique a diferença entre água de cristalização, água de hidratação e água de coordenação.



AULA 2

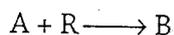
Identificação de Cátions e Ânions: Via Úmida

Objetivo

- Realizar a identificação de alguns cátions e ânions em solução através de reagentes químicos.

INTRODUÇÃO

A identificação química de uma substância (A) consiste, em geral, na sua transformação em outra substância (B) com propriedades características conhecidas, por intermédio de um composto conhecido (R), chamado de reagente:



A identificação da substância pode ser feita:

- por via úmida: as reações são feitas com substâncias em solução;
- por via seca: ensaios de chama, espectrométrico, espectrofotométrico, etc.

Para as reações de identificação em solução, são utilizadas, em geral, reações que produzem um efeito macroscópico (mudança de cor, formação de precipitado, evolução de gás), facilmente visível ou que afetam o sentido do olfato.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiais

- Bastão de vidro;
- Béquer de 50 mL;
- Centrífuga;
- Conta-gotas;

- Pisseta;
- Suporte para tubo de ensaio;
- Tubos de ensaio.

Reagentes e indicadores

- H_2SO_4 concentrado ($d = 1,84 \text{ g/mL}$; 98 % em massa ou 18 mol.L^{-1});
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de H_2SO_4 ;
- Solução $6,0 \text{ mol.L}^{-1}$ de HCl ;
- Solução $3,0 \text{ mol.L}^{-1}$ de HNO_3 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de Na_2CO_3 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de BaCl_2 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de CaCl_2 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de CoCl_2 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de FeCl_3 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de K_2CrO_4 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de KI ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de CuSO_4 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de FeSO_4 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de KMnO_4 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de KNO_3 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de AgNO_3 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de NH_4SCN ;
- Solução alcoólica de NH_4SCN .

Procedimento

- Colocar em tubo de ensaio cinco gotas de solução de $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ e adicionar cinco gotas de solução de $\text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$, como indicado no Quadro I.
- Observar e anotar as alterações macroscópicas ocorridas no sistema e escrever a(s) fórmula(s) química(s) do(s) produto(s) esperados, preenchendo os espaços correspondentes no Quadro I.
- Proceder de maneira semelhante para os demais cátions do Quadro I e para os ânions do Quadro II.
- Descartar o material dos tubos de ensaio contendo (Hg^{2+} , Pb^{2+} , Ag^+) nos frascos coletores apropriados.

QUADRO I
Reações características de alguns cátions

| SOLUÇÃO | CÁTIONS PRESENTES | REAGENTES | ALTERAÇÕES OBSERVADAS | PRODUTOS SUGERIDOS |
|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ | $\text{Pb}^{2+}_{(\text{aq})}$ | Adicionar cinco gotas de $\text{CrO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$. | | |
| $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ | $\text{Hg}^{2+}_{(\text{aq})}$ | Adicionar cinco gotas de $\text{I}^-_{(\text{aq})}$. No mesmo tubo colocar $\text{I}^-_{(\text{aq})}$ em excesso. | | |
| FeCl_3 | $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$ | Adicionar cinco gotas de $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}_{(\text{aq})}$. | | |
| CoCl_2 | $\text{Co}^{2+}_{(\text{aq})}$ | Escorrer lentamente pela parede do tubo cinco gotas de $\text{NH}_4\text{SCN}_{(\text{alcoólico})}$. | | |
| CuSO_4 | $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ | Adicionar cinco gotas de $\text{I}^-_{(\text{aq})}$ e centrifugar. | | |

QUADRO II
Reações características de alguns ânions

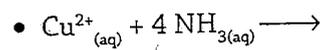
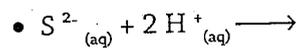
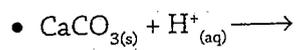
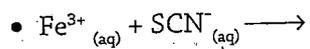
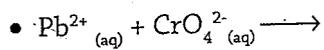
| SOLUÇÃO | ÂNIONS PRESENTES | REAGENTES | ALTERAÇÕES OBSERVADAS | PRODUTOS SUGERIDOS |
|-----------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Na_2CO_3 | $\text{CO}_3^{2-}_{(\text{aq})}$ | Adicionar cinco gotas de HCl 6,0 mol.L ⁻¹ . | | |
| $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ | $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ | Adicionar uma gota de $\text{KMnO}_{4(\text{aq})}$ e duas gotas de H_2SO_4 (concentrado). | | |
| NH_4SCN | $\text{SCN}^-_{(\text{aq})}$ | Adicionar duas gotas de $\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$. | | |
| H_2SO_4 | $\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ | Adicionar cinco gotas de $\text{Ba}^{2+}_{(\text{aq})}$. | | |
| CaCl_2 | $\text{Cl}^-_{(\text{aq})}$ | Adicionar cinco gotas de $\text{Ag}^+_{(\text{aq})}$. | | |
| KNO_3 | $\text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$ | Colocar no tubo de ensaio 20 gotas de H_2SO_4 concentrado e resfriar. Escorrer 1 mL de $\text{FeSO}_{4(\text{aq})}$ (recentemente preparado) pelas paredes do tubo, lentamente, e sem agitar. | | |

- De posse da bibliografia indicada, escrever e balancear todas as equações químicas, das reações realizadas dos quadros I e II e comparar o produto que você sugeriu com o produto da reação.

VOGEL, A. I. *Química analítica qualitativa*. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

Exercícios

1. Completar, balancear as equações químicas e classificar as reações indicadas de acordo com a mudança macroscópica observada (mudança de cor, formação de precipitado, evolução de gás, etc.).



2. Explicar por que o precipitado formado pela reação entre $\text{Hg}^{2+}_{(aq)}$ e $\text{I}^{-}_{(aq)}$ desaparece quando se adiciona excesso de iodeto.
3. Explicar, usando uma equação química, o desaparecimento da cor violeta na reação entre os íons oxalato e permanganato.

Unidade 2

SÍNTESES INORGÂNICAS

OBJETIVOS DESTA UNIDADE

- Exemplificar alguns métodos de preparação de compostos inorgânicos e sua caracterização através de reações químicas específicas.
- Estimular a elaboração de relatórios científicos objetivos e concisos.

Os assuntos abordados nesta unidade estão relacionados com a química descritiva dos elementos nitrogênio, oxigênio e cloro.

Nesta etapa serão fornecidos roteiros detalhados, em que estão especificados os procedimentos usados para se obter e caracterizar compostos inorgânicos. Foram escolhidos processos para produção de gases e líquidos, visando diversificar as técnicas apresentadas.

As propriedades ácidas do ácido clorídrico (HCl) e básicas da amônia (NH_3) serão observadas após a síntese destes compostos no estado gasoso e suas dissoluções em água. Para exemplificar a síntese de um composto no estado líquido foi escolhida a preparação da água oxigenada (H_2O_2), cujas propriedades decorrentes da liberação de oxigênio serão discutidas a seguir.



AULA 3

Obtenção e Caracterização do Ácido Clorídrico

Objetivos

- Sintetizar um composto inorgânico no estado gasoso e sua dissolução em água.
- Estudar algumas propriedades do HCl.
- Calcular o rendimento de uma reação química através de titulação.

INTRODUÇÃO

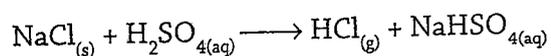
Chama-se ácido clorídrico ($\text{HCl}_{(\text{aq})}$) ao produto que se obtém pela dissolução do gás cloreto de hidrogênio ($\text{HCl}_{(\text{g})}$) em água.

O cloreto de hidrogênio gasoso é muito solúvel em água (42g de $\text{HCl}_{(\text{g})}$ em 100g de $\text{H}_2\text{O}_{(+)}$ a 25°C), incolor, fortemente irritante para as mucosas, tem um odor pungente e desagradável.

Industrialmente, o gás cloreto de hidrogênio é preparado principalmente pela reação de hidrogênio (H_2) com cloro (Cl_2) em presença de catalisador. Os dois gases, H_2 e Cl_2 , são co-produtos da eletrólise do cloreto de sódio aquoso para a obtenção de hidróxido de sódio (NaOH).

Entre os principais usos do cloreto de hidrogênio estão a síntese de reagentes orgânicos (50 %), a cloração da borracha, a hidrólise de amido e proteínas (4 %), o refinamento do açúcar, a ativação de poços de petróleo (18 %). Em processos metalúrgicos, ele é utilizado na obtenção dos metais vanádio (V), tungstênio (W), tântalo (Ta), manganês (Mn) e germânio (Ge) (17 %) e na decapagem de metais.

No laboratório, o cloreto de hidrogênio é usualmente preparado pela ação de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) sobre cloreto de sódio (NaCl). A velocidade da reação pode ser acelerada por aquecimento da mistura dos reagentes. O cloreto de hidrogênio gasoso, $\text{HCl}_{(\text{g})}$ e o hidrogenossulfato de sódio (NaHSO_4) são os produtos da reação com as fontes de aquecimento usuais do laboratório (temperatura de aproximadamente 300 °C).



Neste experimento, o cloreto de hidrogênio produzido será dissolvido em água e caracterizado. O rendimento prático do processo será determinado.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiais

- Almofariz com pistilo;
- Balança analítica;
- Balão de destilação de 500 mL;
- Balão volumétrico de 100,0 mL;
- Balão volumétrico de 250,0 mL;
- Bastão de vidro;
- Béquer de 250 mL;
- Béquer de 400 mL;
- Béquer de 50 mL;
- Bureta de 50,00 mL;
- Conjunto para aquecimento (tripé, bico de gás, tela de amianto, fósforos de segurança);
- Conta-gotas;
- Erlenmeyer de 250 mL;
- Espátula;
- Filme plástico para embalagem;
- Frasco lavador de gás;
- Funil de vidro comum;
- Funil para pó;
- Garra;
- Mangueira de látex;
- Pipeta volumétrica de 25,00 mL;
- Pisseta;
- Proveta de 100,0 mL;
- Recipiente para guardar o ácido clorídrico produzido;
- Suporte metálico para bureta;
- Suporte para tubos de ensaio;

- Tubos de ensaio;
- Vidro de relógio.

Reagentes e indicadores

- H_2SO_4 concentrado. ($d=1,84 \text{ g/mL}$; 98 % em massa ou 18 mol.L^{-1});
- Amônia concentrada ($d=0,91 \text{ g/mL}$; 25-28 % em massa ou 15 mol.L^{-1});
- Na_2CO_3 sólido;
- NaCl sólido;
- Papel indicador universal de pH;
- Papel tornassol azul;
- Solução $0,0500 \text{ mol.L}^{-1}$ de Na_2CO_3 ;
- Solução $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$ de NaOH ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de AgNO_3 ;
- Solução alcoólica de fenolftaleína (1 % m/v);
- Solução de alaranjado de metila (metilorange).

Procedimento

Obtenção do Gás Cloreto de Hidrogênio

- Fazer a montagem conforme o esquema indicado na Figura 1 (trabalhar dentro da capela).
- Adaptar o funil F no béquer C de 250 mL contendo 150 mL de água destilada, deixando-o mergulhar na água mais ou menos 0,5 cm da superfície.
- O frasco B é usado como dispositivo de segurança.
- Em um béquer, preparar uma solução de ácido sulfúrico, diluindo 20 mL de ácido sulfúrico concentrado em 25 mL de água destilada. Com auxílio de um bastão de vidro, ADICIONAR O ÁCIDO LENTAMENTE SOBRE A ÁGUA, AGITANDO SEMPRE E RESFRIANDO EM BANHO DE GELO OU ÁGUA CORRENTE.

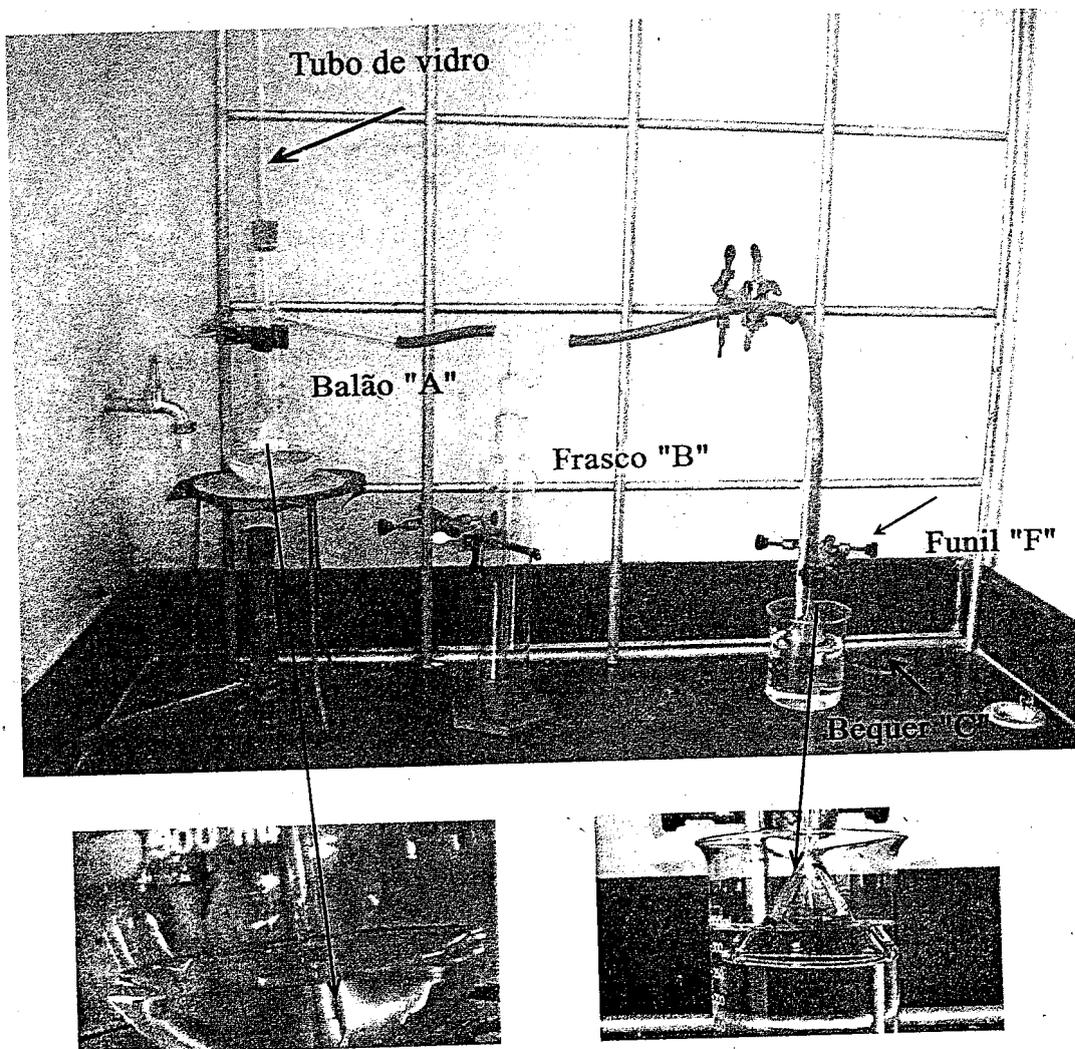


FIGURA 1 - Montagem para obtenção do HCl

- Medir 15,00 g de NaCl (previamente triturado em um almofariz) (ver o Anexo) usando um vidro de relógio ou um béquer seco.
- Transferir para o balão A o NaCl puro, previamente triturado, usando um funil para pó.
- Adicionar ao balão A a solução de ácido sulfúrico (preparada em aula), usando um funil de vidro comum.
- Penetrar a extremidade do tubo de vidro no interior da solução do balão A.
- Vedar (se necessário) todas as conexões da montagem com filme plástico para embalagem.
- **AQUECER SUAVEMENTE À MISTURA DO BALÃO A.**
- Verificar se o gás HCl está se dissolvendo na água contida no béquer C pela presença de borbulhamento.
- Aproximar um bastão de vidro molhado em amônia concentrada às conexões da montagem. A formação de fumaça branca

indica a ocorrência de vazamento de cloreto de hidrogênio. Que reação química está ocorrendo e qual é o estado físico do produto formado?

- Continuar o aquecimento até que se cesse o borbulhamento no béquer C e reste no balão A uma solução transparente.
- Neste momento, está concluída a síntese do cloreto de hidrogênio e sua solução aquosa foi obtida.
- Retira o aquecimento e, como medida de segurança, substituir o béquer C por outro contendo água.
- Verificar o pH da solução obtida no béquer C com papel indicador universal.
- A próxima etapa consiste na determinação do rendimento da reação, para tal, transferir quantitativamente a solução do béquer C, contendo o ácido clorídrico obtido, para um balão volumétrico de 250,00 mL. Completar o volume com água destilada. Agitar para homogeneizar a solução. Esta será a solução estoque de ácido clorídrico. Parte dela será usada para determinar o rendimento prático do processo e caracterização do ácido clorídrico obtido, conforme o procedimento que se segue. O restante da solução de ácido clorídrico deve ser guardado, ao final do experimento, em frascos especialmente rotulados para isto.

Determinação do Rendimento do HCl

- Transferir (usando pipeta volumétrica na qual se deve fazer, previamente, ambiente) 25,00 mL da solução estoque de ácido clorídrico para um balão volumétrico de 100,0 mL e completar o volume. Essa é a solução a ser utilizada na titulação. Agitar para homogeneizar.
- Encher uma bureta de 50,00 mL (não esquecer de fazer ambiente) com a solução de HCl preparada no item anterior e zerar a bureta.
- Com uma pipeta volumétrica limpa e seca (ou após se fazer ambiente), pipetar 25,00 mL de solução padrão de Na_2CO_3 $0,0500 \text{ mol.L}^{-1}$ (verificar a concentração no rótulo do frasco) e transferir para um erlenmeyer de 250 mL. Adicionar cinco gotas de solução de alaranjado de metila.
- Titular com a solução de ácido clorídrico contida na bureta até a viragem da cor alaranjado-amarelado para vermelho.
- Anotar o volume gasto e repetir o procedimento mais duas vezes.
- Calcular a concentração em quantidade de matéria (mol.L^{-1}) da solução do ácido clorídrico e em seguida o rendimento (em porcentagem) da reação de obtenção do cloreto de hidrogênio.

Caracterização do HC^+ _(aq)

Com a solução estoque de ácido clorídrico, fazer em tubo de ensaio as reações indicadas a seguir.

a) Caracterização de soluções ácidas

1. Colocar cinco gotas de solução de NaOH (1 mol.L^{-1}) em um tubo de ensaio. Adicionar duas a três gotas de solução alcoólica de fenolftaleína. Adicionar a solução estoque de $\text{HCl}_{(aq)}$ até que ocorra uma mudança. Observar e anotar o resultado.
2. Colocar cinco gotas da solução estoque de $\text{HCl}_{(aq)}$ em um tubo de ensaio. Adicionar uma pequena porção de Na_2CO_3 sólido. Agitar. Observar e anotar o resultado.

b) Caracterização do íon cloreto

1. Adicionar a cinco gotas de solução de AgNO_3 , cinco gotas da solução estoque de $\text{HCl}_{(aq)}$. Agitar, observar e anotar o resultado. Deixar em repouso em presença de luz. Observar e anotar o resultado.

Bibliografia

GIESBRECHT, E. (Coord.). *Experiências de química: técnicas e conceitos básicos*: PEQ-Projetos de Ensino de Química. São Paulo: Ed. Moderna/USP, 1979.

BRAUER, G. (Ed.). *Handbook of preparative inorganic chemistry*. Second Edition. New York: Academic Press, 1963.

VOGEL, A. I. *Química analítica qualitativa*. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

Exercícios

1. Verificar, através de cálculo, que o H_2SO_4 concentrado (98 % em massa e $d=1,84 \text{ g/mL}$) corresponde a uma solução 18 mol.L^{-1} .
2. Escrever todas as equações das reações químicas envolvidas no experimento, inclusive aquelas relacionadas com a determinação do rendimento e com as caracterizações do HCl obtido.
3. O que contém a solução transparente do balão A após a obtenção do HCl ?
4. Como se pode diferenciar, na prática, ácido clorídrico de cloreto de hidrogênio?
5. Qual foi a reação usada para se detectar o vazamento de HCl ? Qual a fórmula e o estado físico do produto formado?
6. Na titulação do $\text{HCl}_{(aq)}$ com Na_2CO_3 $0,0500 \text{ mol.L}^{-1}$, por que não se usa o $\text{HCl}_{(aq)}$ do balão de 250,00 mL ?
7. Por que não se deve pipetar HCl concentrado?



AULA 4

Obtenção e Caracterização da Amônia

Objetivos

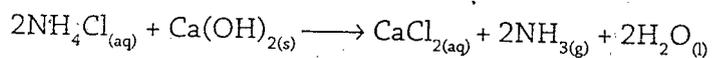
- Sintetizar um composto inorgânico no estado gasoso e sua dissolução em água.
- Estudar algumas propriedades da NH_3 .
- Caracterizar a NH_3 em solução aquosa.

INTRODUÇÃO

Comercialmente, a amônia ($\text{NH}_{3(g)}$) pode ser obtida a partir dos gases nitrogênio (N_2) e hidrogênio (H_2) em presença de um catalisador (ferro com pequenas quantidades de óxido de alumínio e potássio) à temperatura entre 450-600°C e a pressões de até 600 atm. Este é o método desenvolvido por Haber. Pode-se obter também grandes quantidades de NH_3 como sub-produto da produção do coque (resíduo sólido da destilação seca da hulha – carvão de pedra ou fósil).

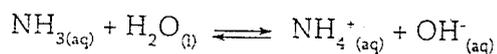
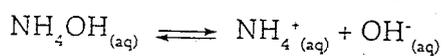
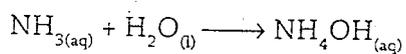
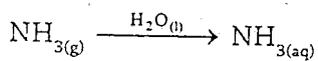
Na indústria, a amônia é usada, principalmente, para fabricação dos fertilizantes (80 %), plásticos e fibras (10 %) e explosivos (5 %). Seus principais derivados são: ácido nítrico, uréia e fosfato de amônio.

No laboratório, a amônia ($\text{NH}_{3(g)}$) pode ser obtida pelo aquecimento de um sal de amônio, como o cloreto de amônio (NH_4Cl), com uma solução saturada de base forte, como o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2).



A amônia gasosa é extremamente solúvel em água (45 g de $\text{NH}_{3(g)}$ em 100 g de $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ a 25° C), apresenta cheiro característico (como o amoníaco usado para limpeza), é um gás irritante, lacrimejante e incolor.

Na dissolução de amônia em água, há formação de hidróxido de amônio em pequena proporção:



A constante de equilíbrio da última reação é conhecida,

$$K_{25^{\circ}\text{C}} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 1,81 \times 10^{-5}$$

O que resulta em um $\text{p}K_b = 4,75$ para a solução. Isto significa que uma solução 1 mol.L^{-1} de NH_3 é somente $0,0042 \text{ mol.L}^{-1}$ em NH_4^+ e OH^- .

Neste experimento, o gás NH_3 será obtido e caracterizado.

PARTE EXPERIMENTAL

Materiais

- Almofariz com pistilo;
- Balança analítica;
- Balão de destilação de 500 mL;
- Bastão de vidro;
- Béquer de 50 mL;
- Béquer de 250 mL;
- Béquer de 400 mL;
- Conjunto para aquecimento (tripé, bico de gás, tela de amianto, fósforos de segurança);
- Conta-gotas;
- Espátula;
- Filme plástico para embalagem;
- Frasco lavador de gás;
- Frascos para guardar o produto obtido;
- Funil de colo curto;
- Funil de vidro comum;
- Funil para pó;
- Garra;
- Mangueira de látex;
- Pinça de Mohr;
- Pisseta;
- Proveta de 100 mL;
- Suporte metálico para buretas;
- Suporte para tubo de ensaio;

- Tubo de vidro em "T";
- Tubos de ensaio;
- Vidro de relógio.

Reagentes e indicadores

- HCl concentrado ($d=1,18 \text{ g/mL}$; 36 % em massa ou 12 mol.L^{-1});
- NH_4Cl ;
- Ca(OH)_2 ;
- Papel indicador universal de pH;
- Papel tornassol vermelho;
- Reagente de Nessler;
- Solução alcoólica de fenolftaleína (1 % m/v);
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de NiCl_2 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de CuSO_4 .

Procedimento

Obtenção da amônia

- Fazer a montagem conforme o esquema indicado na Figura 2.1 (trabalhar dentro da capela).
- Adaptar o funil F no béquer de 250 mL contendo 100 mL de água destilada, deixando-o mergulhar na água mais ou menos 0,5 cm da superfície.
- O frasco lavador B, aqui, é usado como válvula de segurança, portanto, está vazio. Na síntese de outros gases, pode-se colocar sílica-gel com indicador de umidade.
- Medir 15,00 g de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) (previamente triturado em um almofariz) (ver o Anexo) em um béquer seco.
- Transferir o hidróxido de cálcio para o balão A com o auxílio de um funil para pó.
- Medir 15,00 g de cloreto de amônio (NH_4Cl) em um béquer e dissolvê-lo em 60,0 mL de água destilada.
- Transferir a solução de $\text{NH}_4\text{Cl}_{(aq)}$ para o balão A com o auxílio de um funil de vidro.

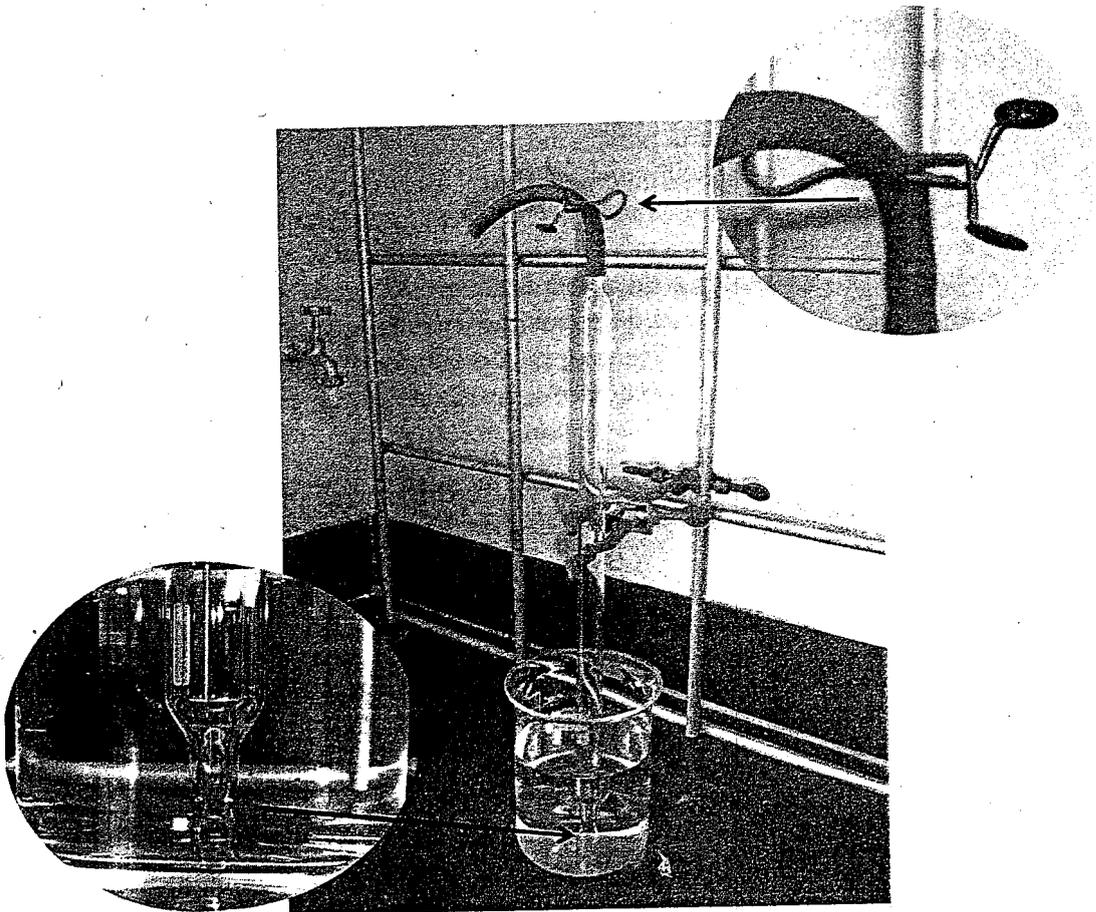
- Após 10 minutos de reação, efetuar o recolhimento de $\text{NH}_{3(g)}$. Para isto, na montagem, fechar a pinça f e abrir as pinças d e g, até a expulsão completa do ar. Isto será constatado pela observação da formação de muita fumaça branca, que aparecerá ao se aproximar um bastão de vidro molhado em HCl concentrado da abertura da pinça g. Nesse momento, fechar a pinça g e recolher o gás amônia durante alguns minutos no tubo E. Aguardar que a mistura reagente no balão A suba 50% do comprimento do tubo de vidro. Abrir a pinça g para que a solução do tubo retorne ao balão A, fechar novamente a pinça g para continuar recolher a amônia. Repetir este processo quatro vezes. Explicar por que a solução do balão A sobe no tubo de vidro.
- Fechar a pinça d e abrir a pinça f. Retirar da montagem o tubo de vidro E contendo a amônia, sem invertê-lo e com a pinça g fechada.
- Fazer a caracterização da $\text{NH}_{3(g)}$ (recolhida no tubo E) – Ver Caracterização da $\text{NH}_{3(g)}$.
- Continuar a aquecer cuidadosamente o balão A, até que a reação se complete. O fim da reação pode ser verificado aproximando-se um bastão de vidro molhado em HCl concentrado do funil F e observando se não há mais saída de NH_3 .
- Depois de a reação ter-se completado, retirar o aquecimento do balão A.
- Substituir o béquer C por um outro béquer contendo água como medida de segurança.
- Verificar com papel indicador universal o pH da solução obtida no béquer C.
- Verificar a pressão e a temperatura do laboratório durante o experimento.
- Fazer a caracterização da $\text{NH}_{3(aq)}$.

Caracterização da Amônia Obtida

a) Caracterização da $\text{NH}_{3(g)}$

- Adicionar em um béquer de 500 mL cerca de 250 mL de água destilada e 10 gotas de fenolftaleína (a solução deve continuar incolor).
- Imergir a extremidade inferior do tubo E, com a pinça g fechada, no béquer preparado anteriormente, prendendo-o em um suporte, conforme indicado na Figura 2.2. Observar, anotar e explicar o resultado.

FIGURA 2.2 - Caracterização do $\text{NH}_{3(aq)}$



b) Caracterização da solução de $\text{NH}_3(\text{aq})$

Com a solução de amônia obtida (béquer C) fazer em tubo de ensaio as reações indicadas a seguir.

- Com um pedaço de papel tornassol vermelho, testar e observar o que se passa quando em contato com a solução de amônia obtida.
- Adicionar uma gota da solução de amônia obtida à cinco gotas da solução de Cu^{2+} . Agitar. Observar e anotar o resultado. No mesmo tubo de ensaio, adicionar mais solução de amônia (em excesso). Agitar. Observar e anotar o resultado.
- Adicionar uma gota da solução de amônia obtida à cinco gotas da solução de Ni^{2+} . Agitar. Observar e anotar o resultado. No mesmo tubo de ensaio, adicionar mais solução de amônia (em excesso). Agitar. Observar e anotar o resultado.
- Adicionar à cinco gotas da solução de $\text{NH}_3(\text{aq})$ obtida uma a duas gotas do reagente de Nessler. Observar a coloração desenvolvida. Fazer uma prova em branco – tubo de ensaio contendo água destilada e o reagente de Nessler (sem NH_3). O reagente de Nessler é o complexo $[\text{HgI}_4]^{2-}$ alcalinizado com solução de NaOH ou KOH.
- Guardar a solução estoque em frascos especialmente rotulados para isto. Esta solução será reaproveitada posteriormente.

Bibliografia

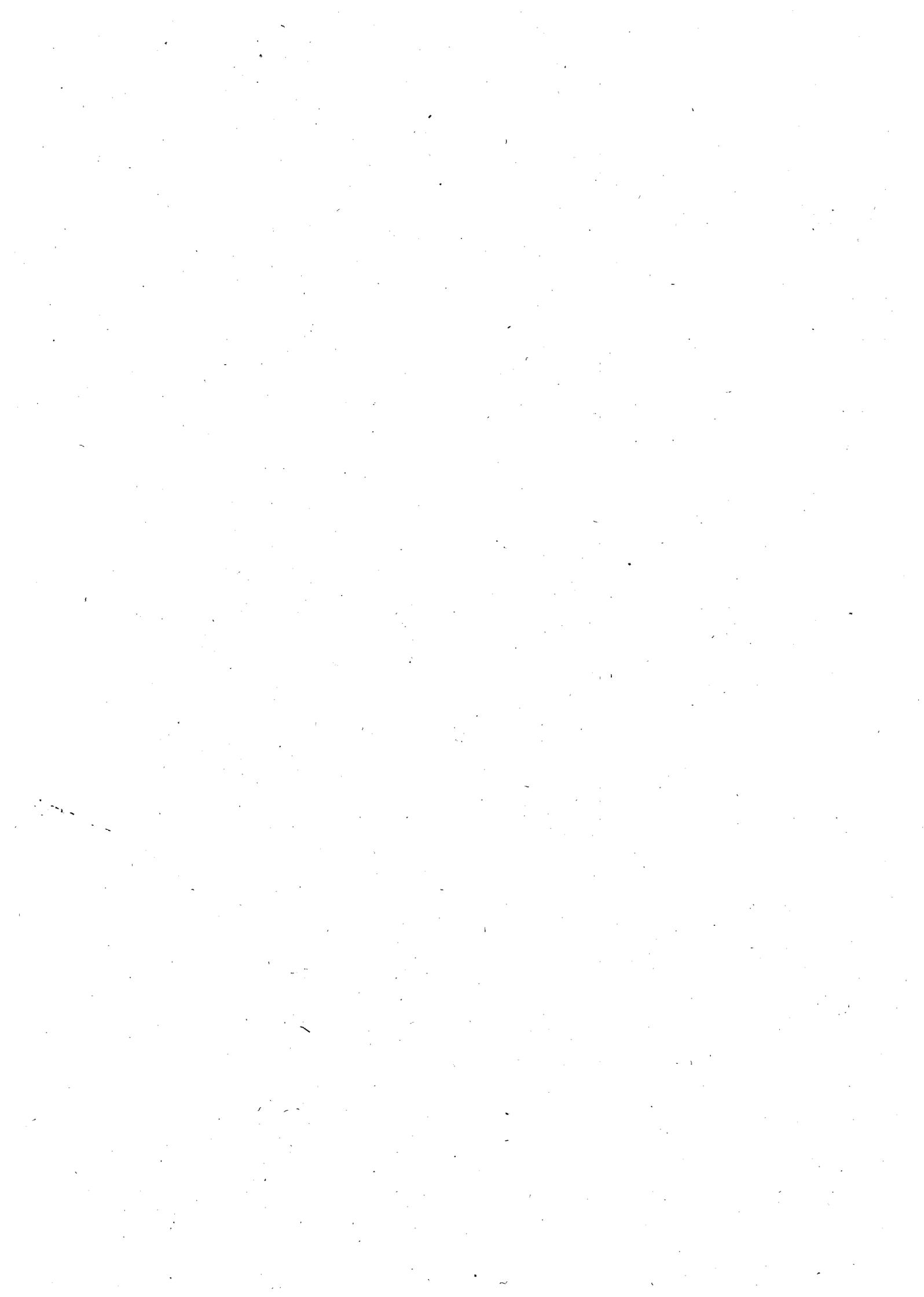
GIESBRECHT, E. (Coord.). *Experiências de química: técnicas e conceitos básicos*: PEQ-Projetos de Ensino de Química. São Paulo: Ed. Moderna/USP, 1979.

BRAUER, G. (Ed.). *Handbook of preparative inorganic chemistry*. Second Edition. New York: Academic Press, 1963. v.1

VOGEL, A. I. *Química analítica qualitativa*. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

Exercícios

1. Calcular o rendimento teórico da obtenção de amônia em gramas e em litros nas CNTP e nas condições do laboratório.
2. Calcular a porcentagem de excesso de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ usado na prática.
3. Por que não se pode usar sílica-gel no frasco B para a produção de amônia?
4. Explicar a causa do fenômeno ocorrido na experiência do tubo E imerso na água contendo fenolftaleína.
5. Escrever todas as equações químicas das reações envolvidas no experimento, inclusive as das caracterizações da amônia.
6. Que produto se obtém da mistura de $\text{HCl}_{(g)}$ e $\text{NH}_{3(g)}$? Para que se utiliza esta reação na prática?
7. A que se deve a basicidade da amônia?
8. É mais correto chamar a solução de gás amônia em água, obtida no béquer C, de amônia aquosa ou solução de hidróxido de amônio? Explique.
9. O composto insolúvel em água AgCl , obtido na caracterização do íon cloreto com AgNO_3 , pode ser dissolvido com NH_3 . Escrever a equação da reação de dissolução.
10. Faça uma descrição geral da NH_3 e do HCl , indicando suas semelhanças e diferenças.
11. Explicar a intensificação do cheiro de amônia quando a solução é aquecida ou tratada com base forte.
12. Por que não se deve pipetar solução de NH_3 concentrado? Pode-se pipetar uma solução de NH_3 diluída?
13. Qual o pH de uma solução $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ de amônia?
14. Qual a utilidade do reagente de Nessler em saúde pública?
15. Calcular a concentração em quantidade de matéria (mol.L^{-1}) de uma solução de NH_3 concentrada (25 % em massa e $d = 0,91 \text{ g/mL}$).



AULA 5

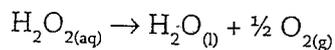
Obtenção e Caracterização da Água Oxigenada

Objetivos

- Sintetizar a água oxigenada a partir de um peróxido metálico.
- Estudar algumas propriedades de óxido-redução da H_2O_2 .
- Calcular o rendimento de uma reação química através de titulação de óxido-redução.

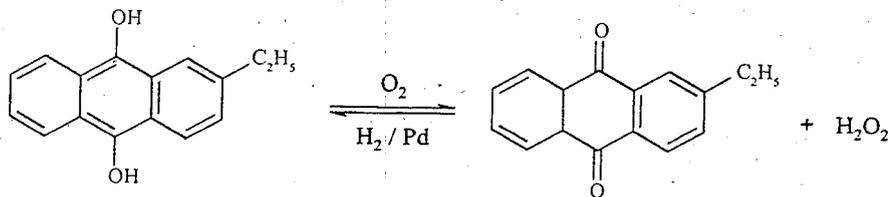
INTRODUÇÃO

A água oxigenada é uma solução aquosa de peróxido de hidrogênio, H_2O_2 . O H_2O_2 , se desproporciona, decompondo-se espontaneamente formando água e gás oxigênio:

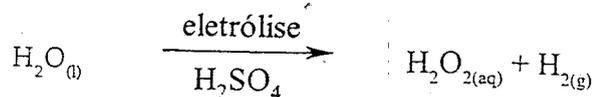


Como em H_2O_2 , o oxigênio possui estado de oxidação -1, a água oxigenada pode atuar tanto como oxidante (ação mais comum) quanto como redutor, quando reage com oxidantes muito fortes.

Existem dois processos industriais de obtenção de H_2O_2 . Um dos processos envolve a oxidação do etil-2-antraquinol:



O H_2O_2 é extraído da solução, empregando-se colunas de contracorrente, obtendo-se, assim, soluções de aproximadamente 20% em massa de peróxido de hidrogênio. O outro processo consiste na eletrólise de uma solução aquosa a 50 % em massa de H_2SO_4 .



Neste processo, obtém-se uma solução a 30-35% em massa de H_2O_2 . Em ambos os casos, pode-se concentrar a água oxigenada por destilação fracionada à pressão reduzida até 98% em massa.

As soluções concentradas de peróxido de hidrogênio são facilmente decompostas pela ação catalítica dos íons metálicos, sendo necessário adicionar inibidores/conservadores.

A água oxigenada é usada como anti-séptico, alvejante, reagente de laboratório, etc. Ela é conservada em meio ácido, em frascos lisos de cor âmbar. Há substâncias como o ácido fosfórico (H_3PO_4), acetanilida^(a) e maloniluréia^(b) que retardam sua decomposição e são usadas como conservadores da água oxigenada. Em contraposição, luz, calor, meio alcalino, superfície rugosa, presença de íons metálicos (tais como Fe^{3+} e Cu^{2+}) aceleram sua decomposição.

A concentração de água oxigenada é expressa em % m/v ou volume de O_2 (mais usado comercialmente).

Volume da água oxigenada é o volume de $\text{O}_{2(g)}$ em mL liberado pela decomposição de 1,0 mL da solução. Encontra-se no comércio água oxigenada nas seguintes concentrações: 130, 100, 20 e 10 volumes, que correspondem, respectivamente, a 39,5 % m/v; 30,4 % m/v; 6,1 % m/v e 3,0 % m/v.

Para o cálculo das concentrações m/v e volume de $\text{O}_{2(g)}$, procede-se da seguinte forma:

Exemplo: H_2O_2 10 vol. = 3 % m/v

A reação é: $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)} \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \frac{1}{2}\text{O}_{2(g)}$

1 mol de $\text{H}_2\text{O}_{2(aq)}$ libera $\frac{1}{2}$ mol de $\text{O}_{2(g)}$ nas CNPT

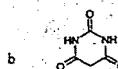
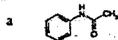
Assim,

$$V_{\text{O}_2 \text{ (CNTP)}} = 1 \text{ mL sol. H}_2\text{O}_2 \cdot \frac{3 \text{ g de H}_2\text{O}_2}{100 \text{ mL sol. H}_2\text{O}_2} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}_2}{34 \text{ g H}_2\text{O}_2} \cdot \frac{0,5 \text{ mol O}_2}{1 \text{ mol H}_2\text{O}_2} \cdot \frac{22,4 \text{ L O}_2}{1 \text{ mol O}_2}$$

$$V_{\text{O}_2 \text{ (CNTP)}} = 9,88 \times 10^{-3} \text{ L}$$

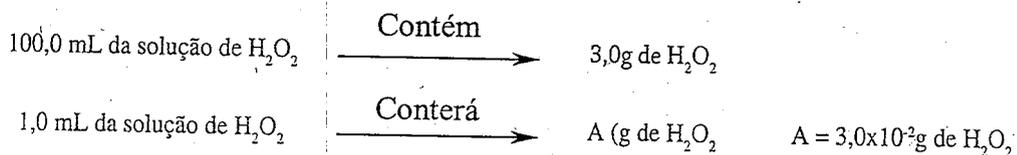
$$V_{\text{O}_2 \text{ (CNTP)}} \approx 10 \text{ mL}$$

Observar que neste cálculo o oxigênio é considerado como um gás ideal, e que, nas CNTP a temperatura é de 273 K e a pressão é de 1 atm.

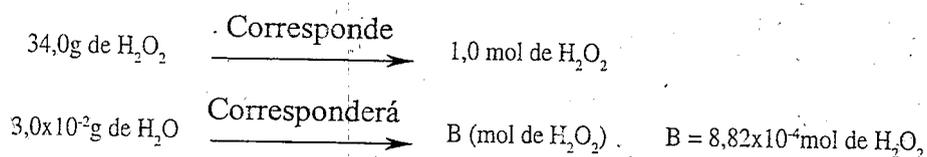


Uma outra maneira de se fazer este cálculo é:

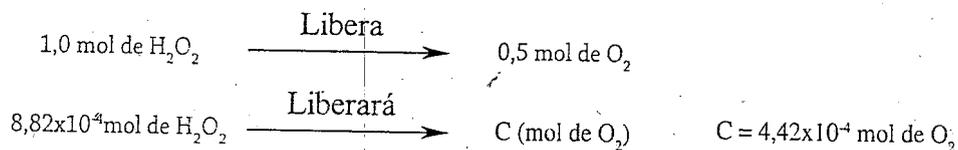
1ª operação: Cálculo da massa de H_2O_2 contida em 1,0 mL de solução:



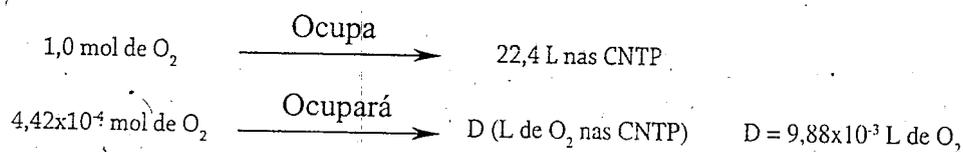
2ª operação: Cálculo do número de mols contidos em $3,0 \times 10^{-2}$ g de H_2O_2 :



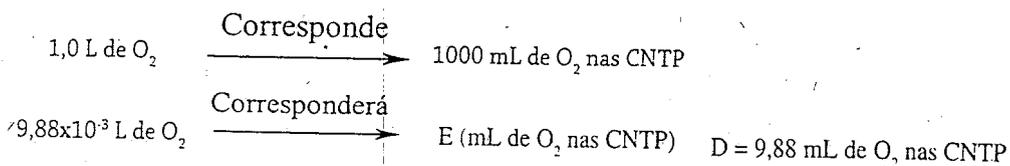
3ª operação: Cálculo do número de mols O_2 liberados na decomposição de 1,0 mL da solução:



4ª operação: Cálculo do volume O_2 liberados nas CNTP da decomposição de 1,0 mL da solução de H_2O_2 :



5ª operação: Cálculo do volume O_2 , em mL, liberados nas CNTP da decomposição de 1,0 mL da solução de H_2O_2 :



Portanto, 1 mL de solução de H_2O_2 a 3 % libera 10 mL de $\text{O}_{2(g)}$ nas CNTP. A solução é chamada de "solução de água oxigenada a 10 volumes".

No laboratório, o H_2O_2 é comumente obtido pela reação de peróxidos metálicos com ácidos minerais, tais como:



PARTE EXPERIMENTAL

Materiais

- Balança analítica;
- Balão volumétrico de 250,0 mL;
- Bastão de vidro;
- Béquer de 50 mL;
- Béquer de 250 mL;
- Bureta de 50,00 mL;
- Cápsula de porcelana grande (para banho de gelo);
- Centrífuga;
- Conta-gotas;
- Erlenmeyer de 250 mL;
- Espátula;
- Frascos para guardar o produto obtido;
- Funil de vidro comum;
- Gelo;
- Papel de filtro;
- Pipeta volumétrica de 25,00 mL;
- Pisseta;
- Proveta de 5,0 mL;
- Proveta de 50,0 mL;
- Suporte para funil de vidro comum;
- Suporte para tubo de ensaio;
- Tubos de ensaio;
- Vidro de relógio.

Reagentes e indicadores

- H_3PO_4 concentrado ($d=1,75 \text{ g/mL}$; 89 % em massa);
- H_2SO_4 diluído (1:5 v/v);
- Éter etílico;
- Dispersão de amido recentemente preparada;
- H_2O_2 a 20 volumes;

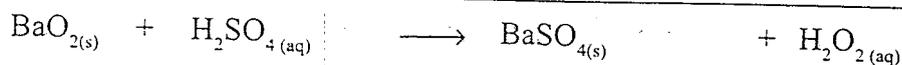
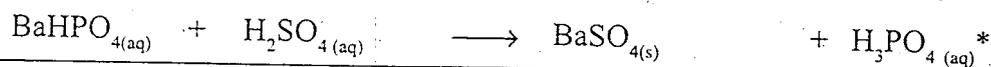
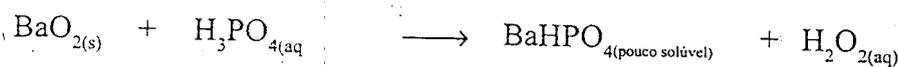
- BaO_2 ;
- Solução padronizada de KMnO_4 ($0,0200 \text{ mol.L}^{-1}$);
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de H_2SO_4 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de FeCl_3 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de K_2CrO_4 ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de NaOH ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de KI ;
- Solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ de CuSO_4 .

Procedimento

Obtenção do peróxido de hidrogênio

- Transferir 3,00 g de peróxido de bário (BaO_2) para um erlenmeyer de 250 mL e adicionar 20 mL de água destilada fria em pequenas porções, agitando o frasco vigorosamente após cada adição. Observar e explicar por que se faz a agitação.
- Em um béquer de 50 mL, diluir 3,0 mL de H_3PO_4 concentrado em 20 mL de água destilada, resfriando-o se necessário.
- Adicionar a solução ácida à suspensão de BaO_2 em pequenas porções. Agitar bem após cada adição e conservar a solução fria em banho de gelo. Explicar por que se faz o resfriamento.
- Após ter sido adicionado todo o ácido, aguardar a sedimentação e filtrar utilizando filtração simples (ver o Anexo). Usar um erlenmeyer de 250 mL para receber o filtrado. Quais são as substâncias químicas retidas no filtro de papel?
- Adicionar vagarosamente ao filtrado, sob resfriamento, 15 mL de solução 1:5 (v/v) de H_2SO_4 .
- Centrifugar.
- Transferir o sobrenadante para um balão volumétrico de 250 mL e completar o volume com água destilada. O que contém no sobrenadante?

Reações químicas ocorridas no experimento:



* O H_3PO_4 atua como catalisador e conservador.

Determinação do rendimento

- Pipetar 25,00 mL de água oxigenada obtida e transferir para um erlenmeyer de 250 mL. Juntar 20,0 mL de H_2SO_4 diluído (1:5 v/v) e titular com solução padronizada de KMnO_4 cerca de $0,0200 \text{ mol.L}^{-1}$, até viragem para róseo. Explicar como ocorre a viragem para róseo sem o uso de indicador.
- Repetir este procedimento mais uma vez e tirar a média. Observação: a diferença entre as duas titulações não deve ser maior que 0,20 mL.
- Calcular o rendimento da reação, em massa e em porcentagem.
- Calcular a porcentagem m/v e o volume de O_2 da água oxigenada obtida.

Caracterização da H_2O_2

Fazer os experimentos indicados a seguir.

- Adicionar a um tubo de ensaio 10 gotas de solução de K_2CrO_4 , cinco gotas de H_2SO_4 (1:5 v/v), 20 gotas de éter etílico e 10 gotas da solução estoque de água oxigenada. Não agitar a mistura. Observar e explicar o ocorrido.
- Colocar em um tubo de ensaio 10 gotas de solução de iodeto de potássio e cinco gotas de H_2SO_4 diluído (1:5 v/v). A seguir, adicionar 10 gotas da solução estoque de água oxigenada. Agitar. Observar e anotar o resultado. Adicionar gotas de dispersão de amido. Observar e explicar o ocorrido. Fazer um branco (10 gotas de solução de iodeto de potássio, cinco gotas de H_2SO_4 diluído (1:5 v/v) e algumas gotas de dispersão de amido) e comparar as duas soluções.
- Colocar 10 gotas de H_2O_2 a 20 volumes em quatro tubos de ensaio. Adicionar, separadamente, aos quatro tubos, duas gotas de solução $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ dos seguintes reagentes: H_2SO_4 , NaOH , FeCl_3 , CuSO_4 . Usar um só reagente em cada tubo. Observar o que ocorre comparar os resultados e explicá-los.
- A solução de H_2O_2 obtida deverá ser recolhida e acondicionada em frascos especialmente rotulados para isto.

Bibliografia

BRAUER, G. (Ed.). *Handbook of preparative inorganic chemistry*. Second Edition. New York: Academic Press, 1963. v.1

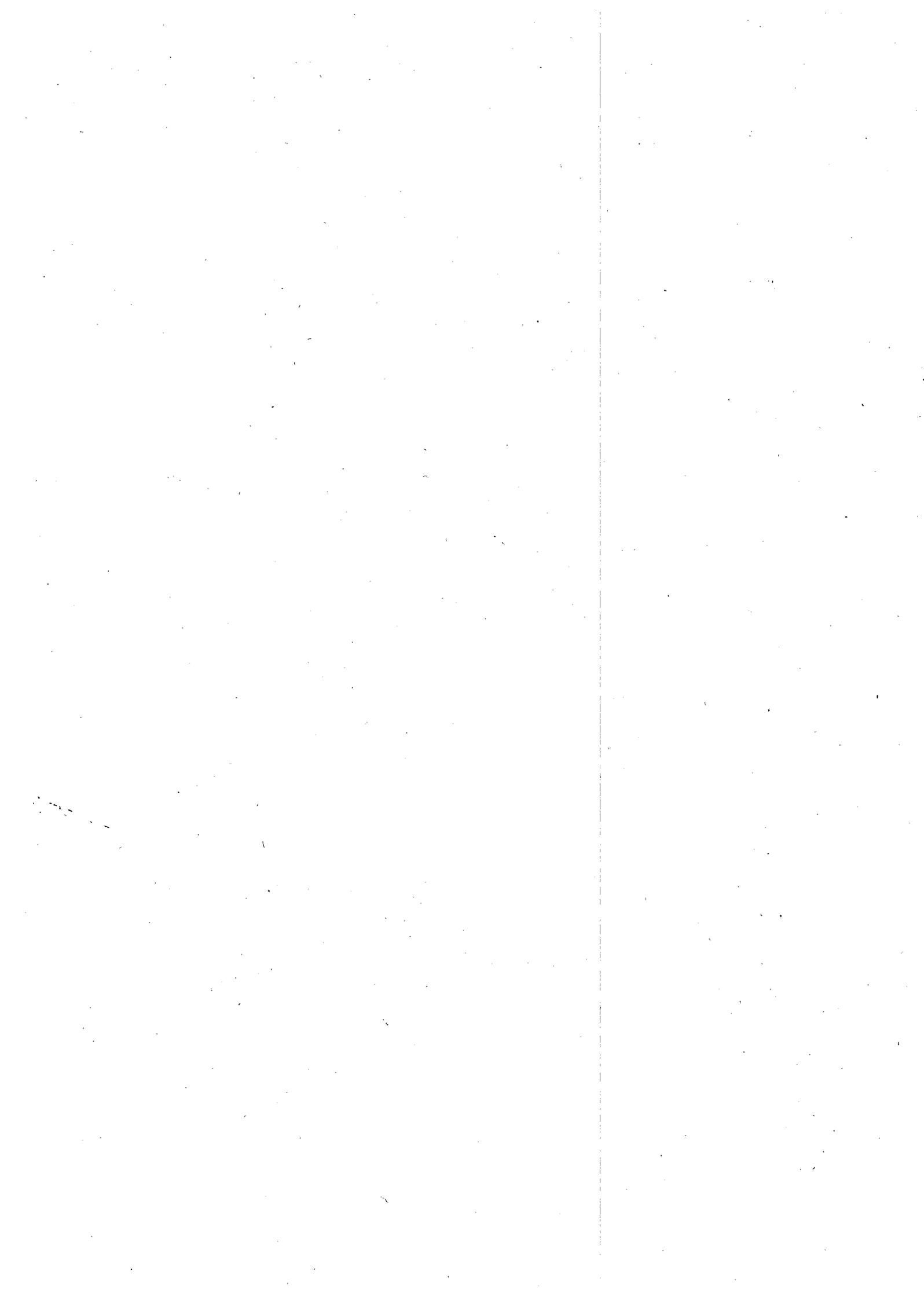
COTTON, F.A.; WILKINSON, G. *Química inorgânica avançada*. Mexico: Editorial Limusa, 1978.

GREENWOOD, N.N.; EARNSHAW, A. *Chemistry of the elements*. Oxford: Pergamon Press, 1986.

VOGEL, A. I. *Química analítica qualitativa*. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

Exercícios

1. Escrever as equações químicas balanceadas de todas as reações efetuadas nesta prática.
2. Por que a água oxigenada pode atuar tanto como oxidante quanto como redutor? Citar um exemplo de reação química de cada caso.
3. O PERIDROL é uma água oxigenada a 40 % m/v. Qual é a sua concentração expressa em volume de O_2 ?
4. A água oxigenada se decompõe espontaneamente. Adicionando o H_2O_2 com $KMnO_4$ em meio ácido, o que você observaria visualmente:
 - a) Se o H_2O_2 estivesse bom.
 - b) Se o H_2O_2 estivesse totalmente decomposto.
5. Citar um agente que acelera e um que retarda a decomposição do H_2O_2 .
6. H_2O_2 puro pode ser usado, juntamente com um combustível apropriado, em motores de foguete. Para que serve o H_2O_2 neste caso?



Unidade 3

PLANO DE SÍNTESE INORGÂNICA

OBJETIVOS DESTES MÓDULO

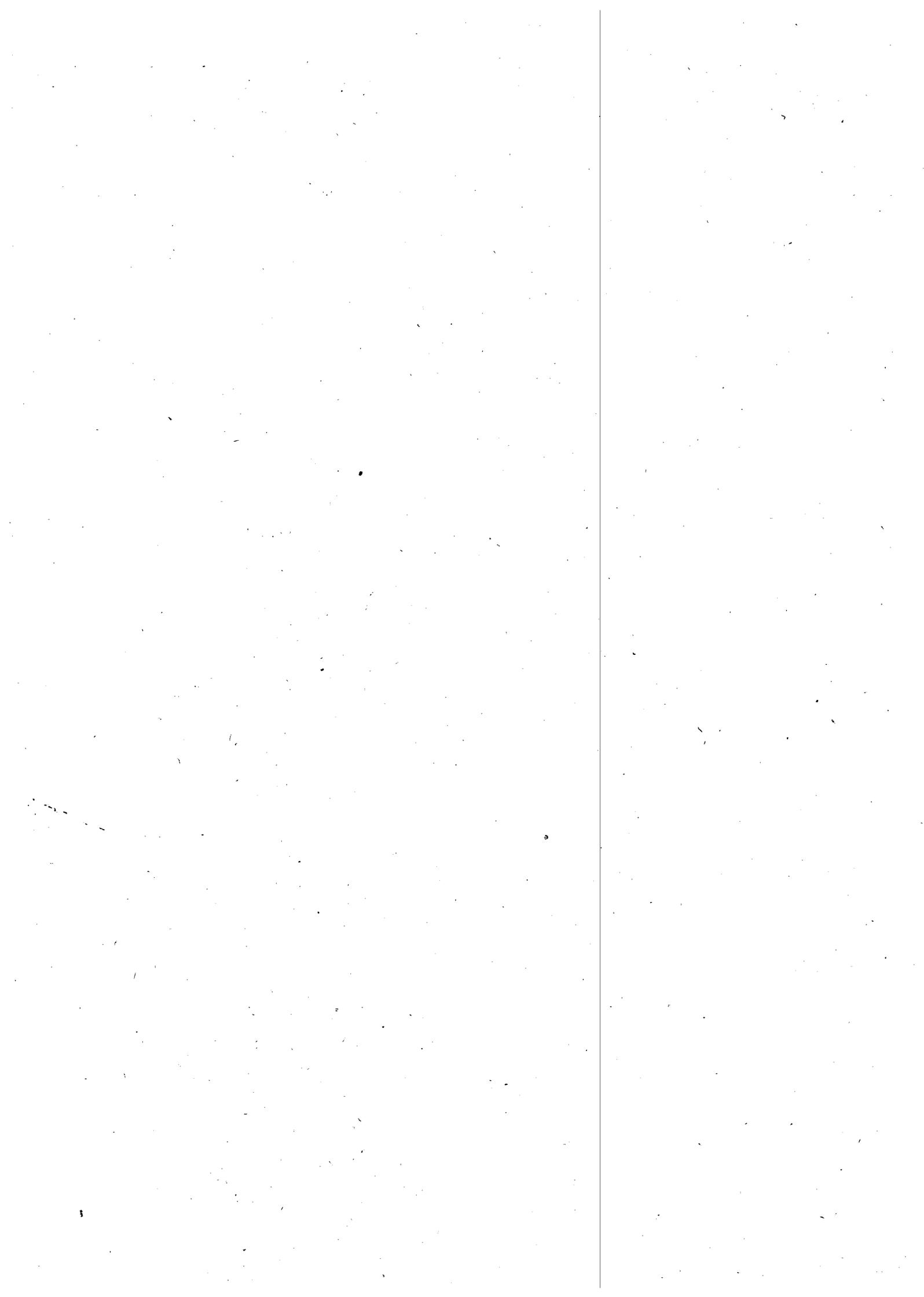
- Exercitar a capacidade do aluno para utilizar os conhecimentos adquiridos nas unidades anteriores, na execução de um conjunto completo de etapas necessárias para a obtenção de um composto inorgânico e caracterização de seus constituintes.
-

INTRODUÇÃO

Considera-se, nesta etapa das aulas práticas, que o aluno esteja capacitado a fazer um plano de trabalho e executar uma síntese usando as técnicas experimentais aprendidas. Redigir um relatório técnico científico detalhado dos trabalhos experimentais de síntese, análise dos resultados e suas conclusões. Desta forma, o aluno acha-se em condições de aplicar os conhecimentos e as habilidades adquiridas no planejamento e na execução de um trabalho científico.

O planejamento de qualquer experimento é essencial para se evitar esforços desnecessários, desperdício de materiais e recursos financeiros em tentativas inúteis ou de pouca valia.

O plano de síntese precisa, portanto, apresentar uma justificativa para sua formulação e a definição dos objetivos e resultados esperados da pesquisa. A metodologia usada para atingir estes objetivos deve ser explicitada, ficando para o plano de síntese e o detalhamento dos aspectos técnicos específicos da experiência.



AULA 6

Síntese e Caracterização de um Composto Inorgânico

Objetivo

- Sintetizar e caracterizar um composto inorgânico.
-

De posse do nome do composto (ver Lista de Compostos Inorgânicos - p.62), o aluno deve procurar na bibliografia recomendada um processo de síntese que possa ser executado usando os reagentes e materiais disponíveis no laboratório. As reações químicas necessárias para caracterizar os componentes também precisam ser escolhidas de acordo com a disponibilidade de reagentes e soluções, e também da viabilidade. Isto significa que devem ser descartadas as reações que exigem condições especiais ou que sejam perigosas e/ou geram rejeitos tóxicos.

A síntese e caracterização do composto serão executadas, permitindo a avaliação da desenvoltura do aluno no manuseio dos materiais de laboratório e também de sua habilidade para modificar e adaptar as técnicas aprendidas.

ETAPAS A SEREM CUMPRIDAS

- (1) Fazer uma pesquisa bibliográfica sobre o composto a ser sintetizado;
- (2) Elaborar o plano de síntese - ver modelo do plano de síntese;
- (3) Executar a síntese do composto inorgânico, visando a obtenção de 2,00g do produto e caracterização de seus grupos constituintes;
- (4) Elaborar o relatório - ver modelo do relatório da síntese de um composto inorgânico.

MODELO DO PLANO DE SÍNTESE

O plano de síntese a ser desenvolvido nesta disciplina é bastante simplificado e deve conter o seguinte:

Título do plano de síntese

- Síntese e caracterização do.....

Identificação do autor

- Nome do aluno, turma e data.

Introdução

- Apresentação do assunto do plano de síntese incluindo: nomes, fórmulas e massa molar dos reagentes e produtos esperados.
- Propriedades físicas dos reagentes e produtos esperado: cor, forma dos cristais, ponto de fusão, solubilidade, etc.
- Importância e as aplicações industriais, farmacêuticas, etc. do composto a ser obtido (se encontrados em dicionários de química, enciclopédias, *The Merck Index*, etc.).

Obtenção e purificação

- Técnica original.
- Cálculo do rendimento teórico e de excessos. Rendimento prático descrito na técnica original se houver.
- Tabela de solubilidade dos reagentes e dos produtos (quantitativa de preferência).
- Técnica adaptada para a síntese atual. Devem ser relatadas as novas quantidades dos reagentes e solventes e outras alterações efetuadas. Devem ser incluídas as equações químicas das reações a serem realizadas e o cálculo das quantidades para obtenção de 2,00 g do produto.

Caracterização

- Identificação dos grupos constituintes.
- Preparação da solução para a caracterização dos grupos constituintes por via úmida (aquosa a 4%. Se o produto for insolúvel em água, especificar o solvente utilizado).
- Técnicas utilizadas para a caracterização dos grupos constituintes com as equações químicas balanceadas (duas para cada grupo constituinte).

Materiais e reagentes

- Relação dos materiais (especificar as capacidades dos equipamentos).
- Relação dos reagentes. Fornecer os dados do rótulo da embalagem, tais como: pureza, fabricante, etc.

Bibliografia

MODELO DO RELATÓRIO DA SÍNTESE DE UM COMPOSTO INORGÂNICO

Título do plano de síntese

- Síntese e caracterização do.....

Identificação do autor

- Nome do aluno, turma e data.

Objetivos

Obtenção e purificação

- Descrição resumida da obtenção, purificação e secagem do produto.
- Modificações do procedimento e quantidades utilizadas em relação ao plano original da síntese e as adaptações que se fizerem necessárias.
- Rendimento prático e rendimento percentual.

Caracterização

- Descrição do produto obtido. Indique os aspectos qualitativos, tais como: estado físico, cor, tipo de cristais, etc.
- Descrição da preparação da solução para caracterização por via úmida dos constituintes do composto formado.
- Resultados dos testes de caracterização. Dê as evidências, fórmulas químicas, equações químicas balanceadas.

Conclusão

- Avaliação da identidade e do rendimento da substância sintetizada, baseada na comparação dos resultados obtidos com os da literatura.
- Avaliação do rendimento. Havendo uma grande discrepância, sugerir as causas de erros prováveis.

Bibliografia

**LISTA DOS COMPOSTOS INORGÂNICOS
A SEREM OBTIDOS E CARACTERIZADOS COM AS RESPECTIVAS REFERÊNCIAS**

| | | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | sulfato de amônio e ferro(II) hexaidratado (sal de Mohr) | SISLER, H. H.; STEWART, J. J.; LIPPINCOTT, W. T. <i>A Systematic laboratory course in general chemistry</i> . New York: The McMillan Company, 1961. |
| 2. | $\text{Zn}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | sulfato de amônio e zinco hexaidratado | BRAUER, G. (Ed.). <i>Química inorganica preparativa</i> . Trad. J. M. Coronas. Barcelona: Ed. Reverté, 1958. |
| 3. | $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | fosfato de zinco tetraidratado | BRAUER, G. (Ed.). <i>Química inorganica preparativa</i> . Trad. J. M. Coronas. Barcelona: Ed. Reverté, 1958. |
| 4. | $\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | sulfato de crômia(III) e potássio duodecaidrato (alúmen de crômio) | RIESENFELD, E. <i>Practicas de química inorganica</i> . 2. ed. Trad. J. M. Pla Jani. Barcelona: Labor, 1943. |
| 5. | $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ | sulfato de alumínio e potássio duodecaidrato (alúmen de potássio) | GRUBITSCH, H. <i>Química inorganica experimental</i> . Trad. M. T. Toral. Madrid: Aguilar, 1959. |
| 6. | $\text{K}_2\text{Cu}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | sulfato de cobre e potássio duodecaidrato potássio hexaidratado | RIESENFELD, E. <i>Practicas de química inorganica</i> . 2. ed. Trad. J. M. Pla Jani. Barcelona: Labor, 1943. |
| 7. | $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ | sulfato de cobre(II) pentaidratado | BLANCHARD, A. A.; PHELAN, J.W.; DAVIS, A.R. <i>Synthetic inorganic chemistry</i> . 5. ed. New York: John Wiley & Sons, 1936. |
| 8. | $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | sulfato de ferro(II) heptaidratado | RIESENFELD, E. <i>Practicas de química inorganica</i> . 2. ed. Trad. J. M. Pla Jani. Barcelona: Labor, 1943. |
| 9. | CoCO_3 | carbonato de cobalto(II) | ROCHOW, E. G. (Ed.). <i>Inorganic syntheses</i> . New York: McGraw Hill, 1960. v. VI |
| 10. | CuI | iodeto de cobre(I) | ROCHOW, E. G. (Ed.). <i>Inorganic syntheses</i> . New York: McGraw Hill, 1960. v. VI. |
| 11. | MnPO_4 | fosfato de manganês(III) | FERNELIUS, W. C. (Ed.). <i>Inorganic syntheses</i> . New York: McGraw Hill, 1946. v. II |

Bibliografia recomendada

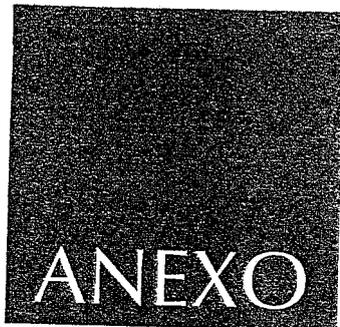
I. LIVROS INDICADOS PARA A PESQUISA DA SÍNTESE DE UM COMPOSTO INORGÂNICO

- BABOR, J. A. *Práticas de química geral*. Trad. J. I. Aznares. México: Nacional, 1945.
- BOOTH, H. S. (Ed.). *Inorganic syntheses*. New York: McGraw Hill, 1939. v. I
- BRAUER, G. (Ed.). *Handbook of preparative inorganic chemistry*. Second Edition. New York: Academic Press, 1963. v. 1
- BRAUER, G. (Ed.). *Química inorgânica preparativa*. Trad. J. M. Coronas. Barcelona: Ed. Reverté, 1958.
- FERNELIUS, W. C. (Ed.). *Inorganic syntheses*. New York: McGraw Hill, 1946. v. II
- GIESBRECHT, E. (Coord.). *Experiências de química: técnicas e conceitos básicos: PEQ-Projetos de Ensino de Química*. São Paulo, Ed. Moderna, USP, 1979.
- GRUBITSCH, H. *Química inorgânica experimental*. Trad. M. T. Toral. Madrid: Aguilar, 1959.
- HENDERSON, W.E.; FERNELIUS, W.C. *A course in inorganic chemistry*. New York: McGraw Hill Book Company Inc., 1935.
- JOLLY, W. L. *Encounters in experimental chemistry*. New York: Harcourt, 1972.
- MOELLER, T. (Ed.). *Inorganic syntheses*. New York: McGraw Hill, 1957. v. V
- RIESENFELD, E. *Práticas de química inorgânica*. 2. ed. Trad. J. M. Pla Jani. Barcelona: Labor, 1943.
- ROCHOW, E. G. (Ed.). *Inorganic syntheses*. New York: McGraw Hill, 1960. v. VI
- SCHLESSINGER, G.G. (Ed.). *Inorganic laboratory preparations*. New York: Chemical Publishing Company Inc., 1962.
- SISLER, H. H.; STEWART, J. J.; LIPPINCOTT, W. T. *A Systematic laboratory course in general chemistry*. New York: The McMillan Company,
- TYREE, S. Y. (Ed.). *Inorganic syntheses*. New York, McGraw Hill, 1967. v. IX
- WEAST, R. C. ; ASTLE, M. J. (Ed.). *Handbook of chemistry and physics*. 61. ed., 1980-1981. USA, CRC, Press Inc., 1980.

II. LIVROS INDICADOS PARA A CARACTERIZAÇÃO DE UM COMPOSTO INORGÂNICO

VOGEL, A. I. *Química analítica qualitativa*. Trad. A. Gimero. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

ALEXEYEV, V. *Qualitative analysis*. Moscou: Mir, 1970.



TÉCNICAS DE LABORATÓRIO

1. FILTRAÇÃO

A operação conhecida como filtração consiste na separação da fase sólida da fase líquida em uma mistura. A separação é efetuada por um meio filtrante com diferentes porosidades (filtro de vidro com fundo de sílica porosa, funil com placa de vidro sinterizado, algodão de vidro, etc.), que é escolhido dependendo da natureza da fase sólida (precipitado).

Filtração Simples

Para a filtração simples usa-se o funil de vidro, que pode ser de colo longo ou curto, liso ou raiado, e no qual se adapta o papel de filtro.

O papel de filtro é dobrado como indica a Figura A.1. Primeiro dobra-se ao meio (1), novamente ao meio (2) e abre-se de modo a tomar a forma de um funil (3). O papel de filtro dobrado é adaptado ao funil umedecendo-o com água destilada e fazendo com os dedos uma leve e cuidadosa pressão. Esse procedimento faz com que o papel de filtro fique bem aderido ao vidro e eliminando as bolhas de ar. Quando se usa um funil raiado, deve-se tomar cuidado para que a saliência da dobra do papel não coincida com a ranhura do funil.

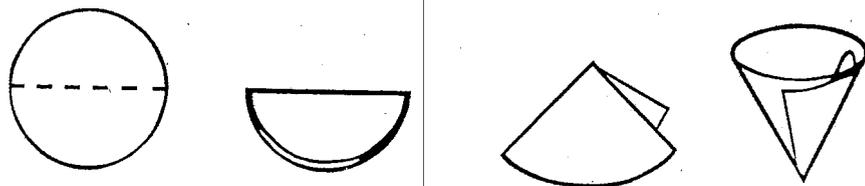


FIGURA A.1 - Como dobrar o papel de filtro

Passa-se, então, um pouco de água destilada para verificar se a coluna líquida que percorre o colo do funil não está interrompida, evitando-se assim a formação de “rosário”.

Coloca-se o funil com o papel de filtro em um suporte encostando-se a extremidade do colo do funil na parede interna do vaso receptor para evitar projeções do filtrado (Figura A.2).

A mistura a ser filtrada é transferida para o funil com o auxílio de um bastão de vidro, como mostrado na Figura A.2. Deve-se encher o funil no máximo até que a superfície do líquido esteja aproximadamente a 1 cm abaixo das bordas do papel de filtro. Em geral, após transferida toda a mistura para o filtro, lava-se o béquer que a continha e o bastão de vidro, para retirar o precipitado que ficou aderido, e também o resíduo no filtro. A lavagem é feita com jatos de água da pisseta (jatos “fortes” e “breves”), recolhendo-se as lavagens no filtro com o resíduo. Se o resíduo estiver muito aderido ao béquer, pode-se usar um bastão de vidro com ponta de borracha para ajudar a lavagem. Em alguns casos a lavagem não é feita com água, mas com outro líquido ou solvente, dependendo do resíduo.

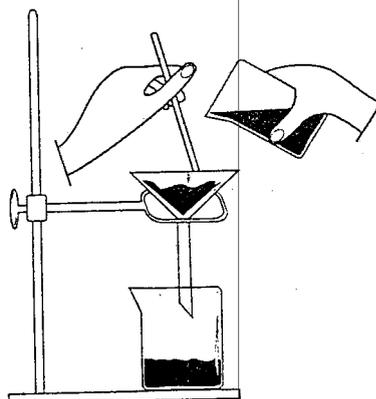


FIGURA A.2 - Filtração simples

Filtração à Pressão Reduzida

Na filtração à pressão reduzida, o papel de filtro é adaptado a um funil de Büchner e este ao quitassato (Figura A.3). O quitassato é ligado à bomba de vácuo ou à trompa d'água.

Com o auxílio do bastão de vidro adiciona-se o precipitado ao funil de Büchner, não enchendo nunca mais do que aproximadamente de 1 cm das bordas. Liga-se então a bomba de vácuo (ou abre-se a torneira de água ligada à trompa). Terminada a filtração desconecta-se primeiro o quitassato da bomba de vácuo (ou trompa d'água) antes de desligá-la (ou fechar a torneira de água). Terminada a filtração,

lava-se o béquer para transferir todo o resíduo para o funil, o bastão e o resíduo no funil.

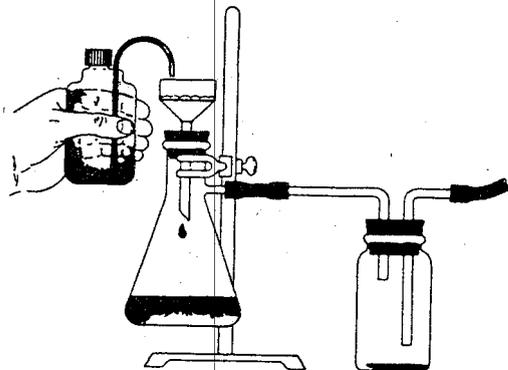


FIGURA A. 3 - Montagem para uma filtração à vácuo

A lavagem do resíduo no funil pode ser feita com a bomba de vácuo desligada ou com ela ligada, dependendo do resíduo, usando-se, se conveniente, o bastão de vidro para revolver o resíduo, com cuidado para não estragar o papel de filtro. Quando o precipitado é muito volumoso é conveniente, antes de desligar o funil de Büchner da bomba, apertar o resíduo com a parte achatada de uma rolha de vidro.

2. PULVERIZAÇÃO DE UMA SUBSTÂNCIA

A pulverização de uma substância sólida é feita em um laboratório de química com as mais diferentes finalidades. Por exemplo:

- determinar seu ponto de fusão;
- facilitar sua reação com outra(s) substância(s);
- facilitar sua dissociação em solvente adequado;
- permitir pesagens mais precisas, etc.

Para trituração de um sólido usa-se o gral ou almofariz e o pistilo (Figura A.4). Estes podem ser metálicos, de porcelana, de vidro ou ágata. Cuidados devem ser tomados ao trituração de um sólido desconhecido, pois algumas substâncias explodem, quando trituradas ou submetidas à força: por exemplo, os percloratos em presença de substâncias orgânicas.



FIGURA A.4 Almofariz e o pistilo.

3. SECAGEM DE SUBSTÂNCIAS SÓLIDAS

A secagem de um sólido pode ser efetuada de várias maneiras, dependendo da natureza do mesmo e do tipo e quantidade das impurezas voláteis que devem ser removidas, bem como de fatores como tempo

e equipamentos disponíveis. Nos casos mais gerais, a substância é colocada em uma cápsula de porcelana, vidro de relógio ou pesa-filtro, e submetida a um dos seguintes processos:

- secagem ao ar, à temperatura ambiente: expõe-se o sistema ao ar, até que sua massa não varie mais;
- secagem por aquecimento, em banhos ou em estufa: aquece-se o sistema, a uma temperatura apropriada (por exemplo, 5 a 10° C acima da temperatura de ebulição do líquido que impregna o sólido). Após o aquecimento, a substância é geralmente colocada em um dessecador para que volte à temperatura ambiente, sem absorver umidade do ar;
- secagem em ambiente fechado e seco, muitas vezes à pressão reduzida usando-se o dessecador. O dessecador é um aparelho de vidro pyrex®, grosso e resistente, capaz de suportar baixas pressões internas. A Figura A.5 mostra um dessecador.

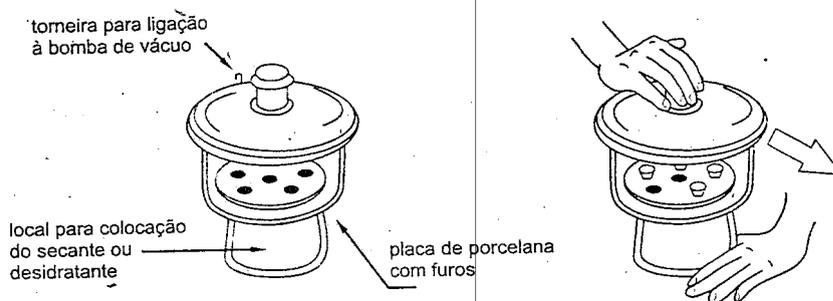


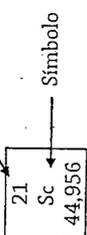
Figura A.5-Dessecador

A maneira correta de abrir um dessecador é indicada na Figura A.5. Para manter uma atmosfera com baixo teor de umidade, o dessecador deve conter um agente desidratante na sua parte inferior e só deve ser aberto quando houver necessidade. Os secantes mais usados para dessecadores são sílica-gel e cloreto de cálcio anidro.

4. Classificação Periódica dos Elementos

| | | Número Atômico | | | | | | | | | | | | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|----------------|----------|----|----|-----------|----------|---------|-----------|-----|----|-----------|-----|----|-----------|-----|----|--------|-----|----|---------|-----|----|-----------|-----|----|--------|-----|----|-----------|-----|-----|--------|-----|-----|-----------|-----|-----|---------|-----|-----|----------|-----|-----|--------|-----|-----|----------|-----|-----|----------|----|----|-----------|
| | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | He | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 4,0026 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Ne | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 20,180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Ar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 39,948 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Kr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 83,80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 54 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Xe | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 131,29(2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 86 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Rn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 222,02* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 118 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Uuo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | ? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Lu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 174,97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 70 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Yb | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 173,04(3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 69 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Tm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 168,93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Er | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 167,26(3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Ho | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 164,93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 66 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Dy | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 162,50(3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Tb | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 158,93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 64 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Gd | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 157,25(3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Eu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 151,96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Sm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 150,36(3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 61 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Pm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 146,92* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Nd | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 144,24(3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 59 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Pr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 140,91 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Ce | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 140,12 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 57 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | La | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 138,91 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 89 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Ac | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 227,03* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Th | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 232,04* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 91 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Pa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 231,04* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | U | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 238,03* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 93 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Np | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 237,05* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Pu | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 239,05* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Am | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 241,06* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Cm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 244,06* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Bk | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 249,08* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 98 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Cf | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 252,08* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Es | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 257,10* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | -Fm | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 102 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | No | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 259,10* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 103 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | Lr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 262,11* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | H | 1,0079 | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 3 | Li | 6,941(2) | 4 | Be | 9,0122 | | | | | | | | | | | | | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 11 | Na | 22,990 | 12 | Mg | 24,305 | | | | | | | | | | | | | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 19 | K | 39,098 | 20 | Ca | 40,078(4) | 21 | Sc | 44,956 | 22 | Ti | 47,867 | 23 | V | 50,942 | 24 | Cr | 51,996 | 25 | Mn | 54,938 | 26 | Fe | 55,845 | 27 | Co | 58,933 | 28 | Ni | 58,693 | 29 | Cu | 63,546 | 30 | Zn | 65,39(2) | 31 | Ga | 69,723 | 32 | Ge | 72,61(2) | 33 | As | 74,922 | 34 | Se | 78,96(3) | 35 | Br | 79,96(3) | 36 | Kr | 83,80 |
| 5 | 37 | Rb | 85,468 | 38 | Sr | 87,62 | 39 | Y | 88,906 | 40 | Zr | 91,224 | 41 | Nb | 92,906 | 42 | Mo | 95,94 | 43 | Tc | 98,906* | 44 | Ru | 101,07(2) | 45 | Rh | 102,91 | 46 | Pd | 106,42 | 47 | Ag | 107,87 | 48 | Cd | 112,41 | 49 | In | 114,82† | 50 | Sn | 121,76 | 51 | Sb | 121,76 | 52 | Te | 127,60 | 53 | I | 126,90 | 54 | Xe | 131,29(2) |
| 6 | 55 | Cs | 132,91 | 56 | Ba | 137,33 | 57 a 71 | La - Lu | 178,49(2) | 72 | Hf | 178,49(2) | 73 | Ta | 180,95 | 74 | W | 183,84 | 75 | Re | 186,21 | 76 | Os | 190,23(3) | 77 | Ir | 192,22 | 78 | Pt | 195,08(3) | 79 | Au | 196,97 | 80 | Hg | 200,59(2) | 81 | Tl | 204,38 | 82 | Pb | 207,2 | 83 | Bi | 208,98 | 84 | Po | 209,98* | 85 | At | 209,99* | 86 | Rn | 222,02* |
| 7 | 87 | Fr | 223,02* | 88 | Ra | 226,03* | 89 a 103 | Ac - Lr | 257* | 104 | Rf | 257* | 105 | Db | 260* | 106 | Sg | 263 | 107 | Bh | 262 | 108 | Hs | 265 | 109 | Mt | 266 | 110 | Ds | 271 | 111 | Uub | 272 | 112 | Uub | 277 | 113 | Uuq | 296 | 114 | Uuh | 298 | 115 | Uuq | 296 | 116 | Uuh | 298 | 117 | Uuo | ? | | | |

Massa atômica relativa. A incerteza no último dígito é 1, exceto quando indicado entre parênteses. Os valores com * referem-se ao isótopo mais estável







Para obter mais
informações sobre
outros títulos da
EDITORA UFMG,
visite o site

www.editora.ufmg.br

A presente edição foi composta pela Editora UFMG, em caracteres Chaparral Pro e Optima Std, e impressa pela Editora O Lutador, em sistema offset, papel offset 90g (miolo) e cartão supremo 250g (capa), em agosto de 2006.

ISBN 85-7041-537-0



CENTRO DE APOIO
À EDUCAÇÃO A
DISTÂNCIA UFMG

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Secretaria de Ensino a Distância
Ministério da Educação

