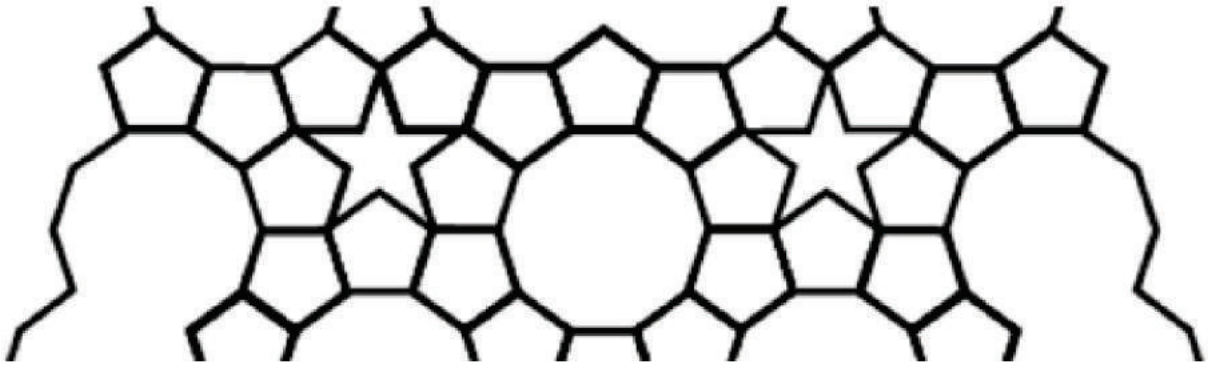
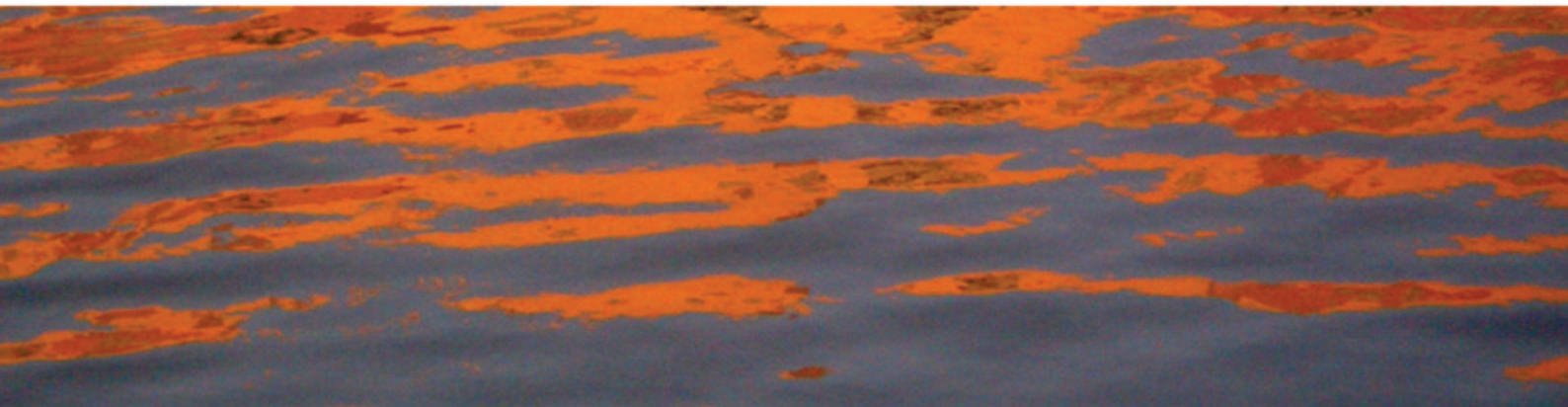
BASE EXPERIMENTAL DAS CIÊNCIAS NATURAIS



Jeroen Schoenmaker
Elizabeth Teodorov
(Organização e Expansão)



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

Prof. Dr. Klaus Werner Capelle - Reitor
Prof. Dr. Dácio Roberto Matheus - Vice-Reitor

Editora da UFABC
Profª. Drª. Adriana Capuano de Oliveira - Coordenação
Cleiton Fabiano Klechen
Marco de Freitas Maciel

Jeroen Schoenmaker
Elizabeth Teodorov

(Organização e Expansão)

BASE EXPERIMENTAL DAS CIÊNCIAS NATURAIS

Editora UFABC

São Bernardo do Campo - SP
2015

© Copyright by Editora da Universidade Federal do ABC (EdUFABC)

Todos os direitos reservados.

Créditos das fotos/capa:
Superior: Lucas Martinez
Meio: Pentágonos de Kepler (domínio público)
Inferior: Jeroen Schoenmaker

Revisão
Tagiane May

Projeto gráfico, diagramação e capa
Rita Motta - Tribo da Ilha, sob coordenação da Gráfica e Editora Copiart

Impressão
Gráfica e Editora Copiart

CATALOGAÇÃO NA FONTE
SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC
Responsável: Tatiana Hyodo CRB: 8ª/7392

Base experimental das ciências naturais
Organizado e expandido por Jeroen Schoenmaker e Elizabeth Teodorov — São Bernardo do Campo : Editora da Universidade Federal do ABC, 2015.

118 p. : il.

ISBN: 978-85-68576-41-0

1. Metodologia Científica 2. Experimentos Científicos 3. Pesquisa Científica I. Schoenmaker, Jeroen, org. II. Teodorov, Elizabeth, org. III. Título

CDD 22 ed. - 001.42

PREFÁCIO

Este livro surgiu da experiência ao longo dos primeiros oito anos do oferecimento da disciplina BC0001 Base Experimental das Ciências Naturais (BECN) no curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia (BC&T) da Universidade Federal do ABC (UFABC). Como o próprio código da disciplina indica, o curso foi concebido como porta de entrada dos alunos ingressantes em uma universidade inovadora, que adotou a interdisciplinaridade como grande norteadora de sua filosofia de atuação nas áreas de ensino, pesquisa e extensão. O surgimento da disciplina coincide com o início das atividades da UFABC em 2006.

Em sintonia com o projeto pedagógico do BC&T,[1] a disciplina procura integrar os seis eixos em que a estrutura curricular é baseada, a saber:

1. Estrutura da Matéria;
2. Energia;
3. Processos de Transformação;
4. Informação e Comunicação;
5. Representação e Simulação;
6. Humanidades.

O presente livro procura se consolidar como material didático para auxiliar alunos e docentes na execução da disciplina de BECN. Também, visa fornecer subsídios para que outras instituições interessadas na abordagem interdisciplinar ofereçam disciplinas semelhantes. Neste caso, para a melhor apreciação deste material por usuários externos à comunidade da UFABC, faz-se necessário esclarecer qual é a abordagem adotada no material aqui apresentado.

A disciplina de BECN é integralmente realizada em laboratório didático, sendo essencialmente prática. A proposta é que o aluno aprenda procedimentos, posturas e conceitos relacionados à pesquisa e ao método científico de forma proativa e concomitante à realização da disciplina. As atividades são feitas em grupo, o que estimula a cooperação e a articulação de tarefas, além de

[1] Para consultar o projeto pedagógico do BC&T, acesse <http://prograd.ufabc.edu.br/bct>.

proporcionar a integração dos alunos recém-chegados. A disciplina procura imbuir o aluno de conceitos sofisticados e situá-lo na fronteira do avanço científico, por meio de procedimentos simples.

O período letivo da UFABC é um quadrimestre composto de 13 semanas. As aulas, com duração de 3 horas, ocorrem uma vez por semana. Ao longo do quadrimestre, cada grupo executa quatro experimentos propostos pelos docentes e um projeto final (PF).

Os quatro experimentos propostos são, normalmente, escolhidos entre os 9 roteiros apresentados neste livro. A escolha é feita de forma a incluir, da maneira mais completa possível, conceitos pertinentes aos seis eixos da estrutura curricular, garantindo uma abordagem interdisciplinar. O cronograma e os roteiros são disponibilizados aos alunos já no primeiro dia de aula. O aluno deve ler o roteiro e se inteirar do assunto de cada experimento antes da sua execução. É indicado que o docente não invista mais do que 15 minutos em um colóquio introdutório do experimento. Cabe ao aluno, de forma cooperativa, com seu grupo, executar o experimento sob a orientação do docente e do técnico de laboratório.

Os experimentos propostos ocupam menos da metade da carga horária da disciplina. O restante é dedicado ao PF. Este visa incitar a curiosidade científica do aluno e promover sua independência ao mesmo tempo que promove o trabalho em equipe. Cada grupo de trabalho deve propor um experimento ou um pequeno projeto de pesquisa. A ideia é que, ao longo do tempo restante, cada grupo realize o experimento e escreva um pequeno artigo científico. Além disso, os PFs são apresentados no Simpósio de Base Experimental das Ciências Naturais, que ocorre sempre na última semana do quadrimestre. O simpósio é aberto a toda a comunidade e caracteriza-se como um evento científico de grande porte, uma vez que todos os 1.680 alunos ingressantes do BC&T participam.

Vale aqui ressaltar algumas observações quanto à realização do PF, que são resultado dos oito anos de experiência na execução da disciplina:

- De forma paralela à execução dos experimentos propostos, já no início da disciplina é recomendado que o docente inicie a discussão sobre possíveis temas de PF com os grupos. Isso permite o amadurecimento dos projetos antes do início da execução;
- Os materiais utilizados no PF não podem comprometer a segurança do laboratório, devem ser de fácil acesso e de baixo custo. Para garantir a isonomia entre os grupos, deve-se evitar a utilização de materiais e componentes de consumo mais caros, mesmo que o grupo proponente se comprometa a pagar pelos custos;
- Por outro lado, como ocorre na UFABC, pode-se estimular a utilização de técnicas sofisticadas, como espectroscopia ou difração de raios X, desde que o docente organize de antemão a preparação logística para a utilização desses equipamentos. Trata-se de uma excelente oportunidade de inserção de alunos ingressantes em procedimentos científicos de fronteira;
- Devem-se priorizar projetos de caráter científico. Os alunos devem procurar responder a uma pergunta, testar uma hipótese, determinar um comportamento. Vale ressaltar que o projeto prevê a elaboração de um artigo e o simpósio compreende a apresentação de um pôster. É comum grupos proporem, por exemplo, a construção de um veículo ou dispositivo com a pretensão de realizar uma demonstração prática deste no dia do simpósio. Esse tipo de apresentação é incompatível com o formato dos produtos finais (artigo e pôster);
- O PF final deve ser realizado essencialmente no laboratório didático, para que o docente tenha o controle de que a execução seja feita pelo grupo. Exceções devem ser julgadas pelo docente se forem válidas ou não. Por exemplo, um grupo pode propor a construção e análise de desempenho de painéis solares. Nesse caso, testes em ambientes externos devem ser permitidos;
- Nas últimas semanas antes do simpósio, os grupos se ocupam da elaboração do artigo e do

pôster. Essa é uma ótima oportunidade para que o docente trabalhe conceitos de apresentação e escrita científica, utilizando um conteúdo que possui forte significado para os alunos. O estreito relacionamento dos alunos com o PF facilita a assimilação desses conceitos.

Dentro da proposta da UFABC para a disciplina de BECN, consideramos de suma importância a realização do simpósio. Sua realização é bastante festiva, o discurso de abertura é feito por figuras importantes da universidade, como o reitor e o pró-reitor de graduação da UFABC, e há premiação aos melhores trabalhos. Ao final deste livro, apresentamos alguns trabalhos na forma de artigos científicos escritos por grupos de BECN da UFABC.

► Agradecimentos

Não poderíamos deixar de mencionar que este livro é resultado do trabalho colaborativo de muitas pessoas, entre docentes, técnicos e alunos, ao longo dos oito anos. Para os que estão agora envolvidos com a disciplina, foi impossível resgatar os nomes de todos os participantes dessa empreitada. Aos que estão identificados aqui como autores, ficou o trabalho de adaptação, correção, expansão e formatação de roteiros já existentes, além da criação de novos roteiros. Gostaríamos também de agradecer aos técnicos da Divisão de Assuntos Educacionais (DAE) e especialmente ao Allan Moreira Xavier, que trabalharam no roteiro "Uso do Método Científico na Resolução de Problemas".

Experimento 1

DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA CRISTALINA DOS SÓLIDOS

Relevância

A partir de medidas simples de massa e volume, o aluno é capaz de deduzir a estrutura cristalina de um determinado sólido. O experimento estimula o aluno a abordagens mais adequadas de medição para diferentes casos e avalia diferentes graus de incertezas associadas a medidas experimentais. Além disso, expõe o aluno a conceitos sofisticados de química e cristalografia, como o número de Avogadro e redes de Bravais.

Materiais utilizados

- Garrafa de refrigerante do tipo PET
- Régua e paquímetro
- Barbante
- Tesoura
- Fita adesiva
- Amostras de alumínio, ferro e cobre
- Balança semianalítica
- Provetas

Áreas envolvidas

- Noções intuitivas de técnicas de medição
- Física
- Química
- Cristalografia

► Introdução

De maneira simples, podemos afirmar que os sólidos são formados quando átomos estão agregados e sua distribuição espacial relativa é estática. Em sua forma cristalina, os sólidos apresentam uma distribuição atômica ordenada no espaço e essa ordem possui longo alcance.

Atualmente, os materiais são convenientemente classificados como *cerâmicas*, *polímeros* e *metais*. Porém, antes que os materiais fossem classificados dessa forma, sua importância era ressaltada através de referências na denominação das Idades de Civilização, como, por exemplo, a Idade da Pedra, a Idade do Bronze e a Idade do Ferro.

Nesta introdução, queremos destacar a importância de uma constante muito utilizada em todos os ramos da ciência: o número de Avogadro (N_A = 6,02214078(18)x10^{23} mol^{-1}). Ela representa a ponte entre as realidades microscópicas e macroscópicas. Seu nome é uma homenagem ao cientista Amedeo Avogadro, que sugeriu, em 1811, que o volume de um gás é proporcional ao número de átomos ou moléculas desse gás, não importando a natureza destes (ele propôs um princípio, não um valor numérico).

Foi o físico francês Jean Perrin que se dedicou a determinar o valor da constante de Avogadro utilizando vários métodos, esforço que lhe valeu o Prêmio Nobel de Física em 1926. Por motivos históricos, a definição do N_A está associada à unidade internacional *mol*, que equivale ao número de átomos em 12 g de Carbono-12.

Destacamos também a natureza cristalina dos sólidos e a forma como podemos acessar as suas características microestruturais, medindo-se parâmetros macroscópicos como massa e volume.

Todo sólido cristalino tem um arranjo ordenado das partículas que o compõem. Essa distribuição volumétrica regular denomina-se *retículo cristalino*. Na natureza, existem sete tipos de sistemas cristalinos (cúbico, tetragonal, ortorrômbico, monoclínico, triclínico, hexagonal e romboédrico), que se desdobram em 14 possíveis retículos cristalinos (são as chamadas redes de *Bravais*).[2] Por ora, trataremos apenas do sistema cúbico, o mais simples e regular, que envolve três possíveis retículos, conforme mostrado na Figura 1.1.

[2] É interessante notar que o Prêmio Nobel de Química de 2011 foi dado ao pesquisador Dan Shechtman, que iniciou o estudo dos chamados "quasicristais". Estes são sólidos que apresentam um ordenamento de longo alcance de um tipo especial, não obedecendo às regras estabelecidas pelas redes de Bravais. O advento dos quasicristais representou uma quebra de paradigma da ciência dos sólidos, mas, por ser um caso especial, o conteúdo mostrado nesta introdução detém seu valor como modelo científico. Para mais informações sobre os quasicristais, visite: <http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2011/>

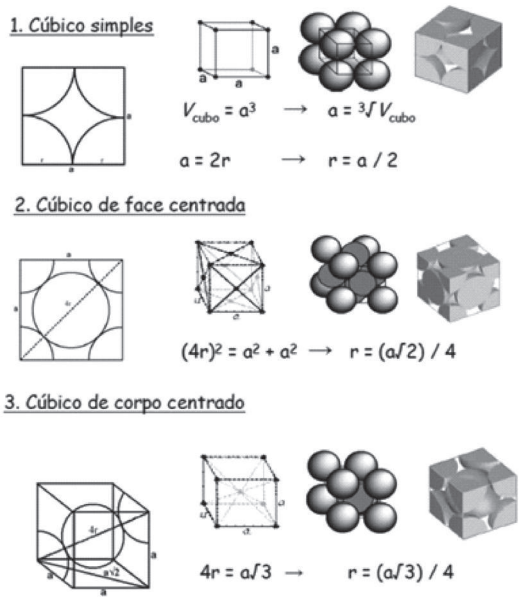


Figura 1.1 – Diferentes retículos pertencentes ao sistema cúbico e os parâmetros das células convencionais utilizados para os cálculos dos raios atômicos em cada caso

Este experimento trata da determinação do arranjo cristalino de alguns metais. Seu ponto fundamental é possibilitar a percepção do tamanho do átomo, de como um sólido cristalino se estrutura, da relação existente entre o micro e o macrocosmo e da interdisciplinaridade entre a química, a física e a matemática.

Como ponto de partida, consideramos que a densidade de um sólido pode ser determinada pela sua massa e pelo seu volume, parâmetros que podem ser mensurados por diferentes técnicas. A estrutura dos sólidos, por sua vez, depende de vários fatores, como raio atômico, tipo de ligação química, distância interatômica etc. Essas grandezas estão na ordem de 10^{-10} m. Para termos uma ideia das dimensões com que estamos lidando, em uma fileira de 1 cm de átomos de sódio (raio atômico de 185,8 pm), existem por volta de 27 milhões de átomos.

▸ Objetivo

Determinar os arranjos cristalinos dos metais alumínio, ferro e cobre. Para isso, as densidades desses sólidos serão medidas e correlacionadas com seus respectivos raios atômicos.

▸ Parte experimental

Materiais

- Uma garrafa de refrigerante do tipo PET de 2 L, com seção cilíndrica uniforme

- Régua e paquímetro
- Barbante
- Tesoura
- Fita adesiva
- Pedaços de alumínio, ferro e cobre com massas entre 100 e 500 g, de formas geométricas definidas (cilíndricas, cúbicas ou mais complexas) e também de formas indefinidas
- Balança semianalítica
- Provetas de 500 e 1.000 mL

Procedimento

PARTE A – Com sólidos metálicos de forma geométrica definida

Pegue um pedaço do metal com forma geométrica definida. Determine sua massa em uma balança e os parâmetros necessários para o cálculo do volume do pedaço de metal. Repita para os outros metais.

PARTE B – Com sólidos metálicos de forma geométrica definida ou não: determinação da densidade pelo deslocamento de uma coluna de água

PARTE B1 – Utilizando uma garrafa PET

Nesta etapa, o volume do sólido será determinado pelo deslocamento de um líquido, no caso, a água. Para isso, inicialmente determine a massa de um dos metais como no item anterior. Corte uma garrafa PET na sua parte superior e cole uma fita adesiva externamente à garrafa, no sentido vertical. Coloque um volume de água que possa encobrir totalmente a amostra após sua imersão e marque na fita o nível da água, utilizando uma caneta de escrita fina. Mergulhe o metal totalmente na água, tomando o cuidado para não "espirrar" água para fora da garrafa e não deixar bolhas de ar aderidas às paredes do metal. Anote a nova posição do nível da água. Com o auxílio de um barbante ou de uma fita de papel, determine o perímetro da circunferência da garrafa (para maior detalhamento, observe o esquema da Figura 1.2). Execute esse procedimento para os três metais.

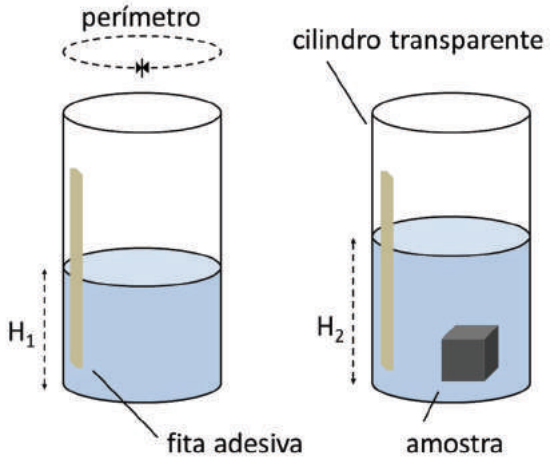


Figura 1.2 – Esquema da montagem experimental e medidas de volume por deslocamento de coluna de água

PARTE B2 – Utilizando uma proveta

Repita o procedimento anterior para todos os metais, substituindo a garrafa PET pela proveta. Em seguida, anote nas Tabelas 1.1 e 1.2 os dados obtidos.

Tabela 1.1 – Densidades das diferentes peças de metais com formato definido (use o volume obtido pelas medidas das peças)

Metal	Formato	Massa (g)	Volume (cm^3)	Densidade ($g\ cm^{-3}$)
Alumínio				
Ferro				
Cobre				

Tabela 1.2 – Densidades das diferentes peças de metais com formato definido ou não (use o volume obtido com a garrafa PET)

Metal	Formato	Massa (g)	Volume (cm^3)	Densidade ($g\ cm^{-3}$)
Alumínio				
Ferro				
Cobre				

Análise dos resultados

A determinação da estrutura dos sólidos que faremos aqui será um procedimento análogo ao que comumente chamamos de "engenharia reversa" (este termo, em princípio, não tem conotação pejorativa e é uma ferramenta bastante utilizada na prática). O procedimento seguirá neste sentido:

densidade → supor estrutura → calcular raio atômico → verificar se confere com a literatura

Na etapa "supor estrutura", trabalharemos com os três retículos cúbicos apresentados na Introdução. A correlação entre o valor do raio atômico calculado utilizando-se os dados do experimento e os valores reportados na literatura especializada indicará o retículo cristalino apresentado pelo metal em questão.

O processo é realizado seguindo os seguintes passos:

1 – Cálculo da densidade

A densidade (d) do metal pode ser calculada pela equação (1):

$$d = \frac{m}{V} \tag{1}$$

Onde **m** é a massa e **V** é o volume do sólido.

2 – Cálculo do volume de água deslocado

O cálculo do volume de água deslocado utilizando a garrafa PET será feito através das equações (2), (3) e (4).

$$V = A(H_2 - H_1) \tag{2}$$

$$A = \pi r^2 \tag{3}$$

$$r = \frac{P}{2\pi} \tag{4}$$

Onde **V** é o volume de água deslocado, $\mathbf{H_2 - H_1}$ é a diferença entre os dois níveis, **A** é a área de secção, **r** é o raio da circunferência e **P** é o perímetro do cilindro.

Anote os resultados dos volumes e densidades, obtidos com a garrafa PET e a proveta, na Tabela 1.3.

Tabela 1.3 – Densidades das diferentes peças de metais com formato definido ou não, obtidas a partir do deslocamento de água na garrafa PET e proveta

Garrafa PET				
Metal	**Formato**	**Massa (g)**	**Volume (cm^3)**	**Densidade ($g\ cm^{-3}$)**
Alumínio				
Ferro				
Cobre				
Proveta				
Alumínio				
Ferro				
Cobre				

OBSERVAÇÃO SOBRE OS PASSOS 3 E 4:

Para entendermos melhor os passos 3 e 4, a seguir, vamos fazer uma analogia: considere a situação de um jogo de futebol. São dois times de 11 jogadores em um campo de 5.000 m2. Nesse caso, poderíamos dizer que a "área correspondente" a cada jogador seria 5.000 m2/22 = 227,3 m2. Note que isso não corresponde à área de um jogador de fato. Nesse cálculo, desconsideramos, por exemplo, os espaços vazios entre os jogadores. O valor da área correspondente decorre da "estrutura" do futebol que determina 22 jogadores para 5.000 m2. No caso dos sólidos, os átomos estão dispostos de acordo com a estrutura determinada pelo retículo cristalino. Veremos, no Passo 4, que essa estrutura cristalina está atrelada ao que hoje chamamos de raio atômico.

3 – Determinação do volume correspondente (V_{corr}) de um átomo em um sólido

PREMISSA: CONSIDERA-SE UM SÓLIDO SEM ESPAÇOS VAZIOS ENTRE OS ÁTOMOS.

Para um mol de átomos, há uma massa correspondente (massa molar, **M**, em g mol^{-1}) e um volume molar ($\mathbf{V_M}$, em dm^3 mol^{-1}). A partir da densidade obtida experimentalmente, podemos calcular V_M através da equação (5):

$$d = \frac{M}{V_M} \tag{5}$$

Para se determinar $\mathbf{V_{corr}}$, divide-se V_M pelo valor do mol ($6{,}02214078(18)\times10^{23}$).

$$V_{corr} = \frac{V_M}{6{,}022 \times 10^{23}} \tag{6}$$

As massas molares do alumínio, cobre e ferro podem ser obtidas na tabela periódica.

Note que poderíamos ficar tentados a determinar o raio atômico diretamente a partir do volume do átomo obtido nessa última operação, transformando esse volume em uma esfera de alguma forma. Porém, isso resultaria em um raio atômico incorreto pelos motivos descritos na observação anterior. Isso ficará mais claro no Passo 4, em que veremos que a estrutura cristalina afeta a distribuição volumétrica dos átomos e que, no contexto da analogia apresentada, "há espaços vazios" entre os átomos.

4 – Determinação do raio atômico (r_{at})

PREMISSA: O SÓLIDO POSSUI UM DOS TRÊS RETÍCULOS CRISTALINOS DE SIMETRIA CÚBICA.

O conceito de "raio atômico" advém do "modelo de esferas rígidas",[3] que considera que os átomos e íons agrupados em um sólido são esferas rígidas cujas superfícies estão em contato.

Como exemplo, vamos considerar que o sólido possui a estrutura cúbica simples. A célula convencional apresenta 1/8 de átomo em cada vértice do cubo. Dado que um cubo apresenta oito vértices, podemos dizer que cada célula convencional apresenta um átomo (nesse caso, ela poderia ser chamada de célula unitária). Portanto, o volume molar V_M do item anterior é também o volume ocupado por um mol de células convencionais e o V_{corr} é igual ao volume de uma célula convencional ($V_{célula}$). O volume da célula convencional $\mathbf{V_{célula}}$ se relaciona com a aresta, conforme mostrado na equação (7).

$$V_{célula} = V_{corr} = a^3 \tag{7}$$

[3] O modelo de esferas rígidas é incompatível com o modelo de orbitais atômicos adotado pela mecânica quântica. Sendo assim, fica evidente que a determinação do raio atômico é arbitrária e discutível, porém bastante útil para a compreensão dos sólidos e de outros fenômenos naturais.

A aresta do cubo (***a***) nesse retículo é do tamanho de dois raios atômicos ($\mathbf{r_{at}}$), conforme mostra a equação (8).

$$a = 2r_{at} \tag{8}$$

O raio atômico pode ser determinado utilizando as bases de cálculo contidas na Tabela 1.4, que resume todas as fórmulas de cálculo para os três tipos de retículos do sistema cúbico.

Tabela 1.4 – Relações estequiométricas e geométricas para os retículos cristalinos cúbicos

Propriedade	Sistema cúbico simples	Sistema cúbico de corpo centrado	Sistema cúbico de face centrada
Número de átomos por célula convencional	1	2	4
Base de cálculo	$r_{at} = \frac{a}{2}$	$r_{at} = \frac{a\sqrt{3}}{4}$	$r_{at} = \frac{a\sqrt{2}}{4}$
Base geométrica	Aresta	Diagonal do centro	Diagonal da face

É bom ressaltarmos que é o volume correspondente de um átomo, mas a relação entre esse volume e a aresta (***a***) da célula convencional é dada pelo retículo cristalino e pode ser operacionalizada de acordo com a Tabela 1.4. Note que a célula convencional pode conter um, dois ou quatro átomos, dependendo do tipo de retículo, portanto, antes de encontrar o valor da aresta, é necessário calcular o volume da célula unitária. Para isso, basta multiplicar $\mathbf{V_{corr}}$ pelo número de átomos da célula convencional.

O valor dos raios calculados deve ser comparado com os valores da literatura (disponíveis na Tabela 1.5). A comparação servirá para definir qual é o retículo cristalino apresentado pelo metal em questão (BROWN, T. L. et al., 2005).[4]

Tabela 1.5 – Raios atômicos e densidades dos metais: cobre, ferro e alumínio

Átomo	Raio atômico (pm)	Densidade (g/cm³)
Cobre	128	8,96
Ferro	126	7,87
Alumínio	143	2,69

[4] Neste experimento, medimos os parâmetros massa e volume de um sólido e determinamos a sua estrutura cristalina. Essa correlação é possível devido ao conceito de mol (que está relacionada com o número de Avogadro). Na prática, dificilmente a estrutura cristalina de um sólido é determinada da forma como foi feita neste experimento. Há técnicas mais diretas, como a difração de raios X e a microscopia eletrônica. É interessante notar que a mais precisa determinação do número de Avogadro (até agora) foi realizada utilizando-se a mesma estratégia do experimento que realizamos aqui, mas com o objetivo de determinar não o arranjo cristalino, e sim o número de Avogadro. Para isso, mediu-se o volume e a massa de um sólido cuja estrutura cristalina é bastante regular e conhecida (um cristal de silício). A partir desses dados, foi possível "contar" o número de átomos contidos nesse sólido e, por conseguinte, determinar o número de Avogadro. Para mais detalhes, consulte o artigo de B. Andreas et al., "Determination of the Avogadro Constant by Counting the Atoms in a 28Si Crystal" (*Physical Review Letters* 106, 030801, 2011).

(Espaço reservado para contas e observações)

► Referências

BRADY, E.; RUSSELL, J. W.; HOLUM, J. R. *Química*: a matéria e suas transformações. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. v. 1.

BROWN, T. L. et al. *Química, a ciência central*. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2005.

KOTZ, J. C.; TREICHEL JR., P. *Química geral e reações químicas*. São Paulo: Thomson Pioneira, 2005. v. 1.

SIMONI, J. A.; TUBINO, M. Determinação de raio atômico de alguns metais. *Química Nova na Escola*, v. 9, p. 41-43, 1999.

VAN VLACK, L. *Princípios de ciência dos materiais*. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

► Questionário

1. Qual é a relevância do número de Avogadro para o experimento?

2. Compare os valores determinados da densidade dos metais com os disponíveis na literatura. Qual dos métodos apresenta maior erro relativo?

3. A partir das dimensões obtidas pelas diferentes técnicas (régua, paquímetro, garrafa PET e proveta), como se chegou à densidade atribuída (foi escolhida uma técnica, foi realizada uma média etc.)? Justifique.

4. Quais os valores de raios atômicos dos metais determinados experimentalmente? Compare com os valores fornecidos na Tabela 1.5. Explique as principais fontes de erro que geram diferença entre os resultados obtidos e a literatura.

5. Os valores de raio atômico variaram em relação ao formato da peça? Qual formato apresentou maior desvio?

6. Qual o arranjo cristalino de cada um dos metais?

DIMENSÃO FRACTAL DE PAPÉIS AMASSADOS

Relevância

Utilizando papéis amassados e medidas simples de massa e volume, o aluno entra em contato com um dos conceitos mais sofisticados da matemática contemporânea: a dimensão fractal. O aluno poderá desenvolver estratégias de medição e avaliação de fontes de incertezas. Também, deverá lidar com linearização gráfica de comportamentos exponenciais, o que representa um grande desafio para os recém-chegados do Ensino Médio. Trata-se de um experimento simples que mostra ao aluno que a matemática avançada lhe é próxima e acessível.

Materiais utilizados

- Folhas de papel alumínio e sulfite
- Paquímetro e régua
- Tesoura

Áreas envolvidas

- Noções intuitivas de técnicas de medição
- Física
- Matemática

► Introdução

Quando se pretende medir comprimentos, áreas e volumes de formas fragmentadas (como, por exemplo, as fronteiras entre países ou o perímetro de uma ilha), verifica-se que as medidas dependem da escala utilizada. Isso quer dizer que, dependendo da escala que se utiliza na medição de uma grandeza, esta pode apresentar diferentes resultados. Esses diferentes resultados obtidos para a medida de uma mesma grandeza foram um dos fatores que levaram muitos matemáticos a suspeitar que a geometria euclidiana não pudesse ser aplicada a determinados casos.

Apesar de tais exemplos serem parte de nosso cotidiano, cabe ressaltar que a origem dos fractais não está relacionada a eles. De fato, a ideia dos fractais teve sua origem no trabalho de alguns matemáticos entre 1875 e 1925. Nesses estudos, havia uma simples concepção matemática abstrata: foram definidos os primeiros objetos, então chamados de "monstros" ou "demônios", que só posteriormente foram reconhecidos como o embrião de uma importante área de investigação matemática. Um exemplo de uma dessas figuras é o "floco de neve de Koch" (Figura 2.1), proposto em 1904: ele é o resultado de infinitas adições de triângulos ao perímetro de um triângulo inicial. Cada vez que novos triângulos são adicionados, o perímetro cresce. O desenvolvimento desse novo campo da matemática, com diversas aplicações em outras áreas da ciência, deu origem ao que chamamos hoje de geometria de fractal, que se aplica a grandezas fragmentadas e envolve o conceito de dimensões não inteiras (dimensão fractal).

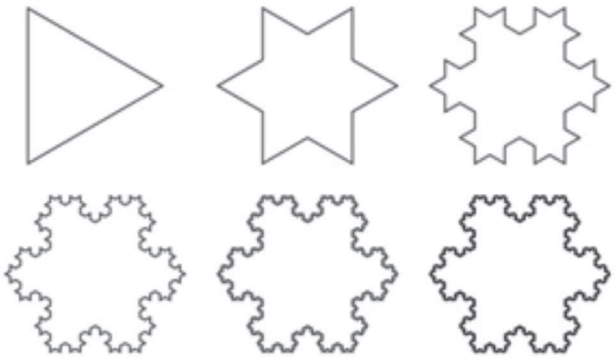


Figura 2.1 – Floco de neve de Koch

A partir dos trabalhos de Mandelbrot, na segunda metade do século passado, foram iniciados os estudos sobre as estruturas fractais. O termo "fractal" foi criado a partir do latim *fractus*, que significa quebrado, irregular, fracionado. Os fractais são estruturas com similaridade exata (no caso matemático) ou estatística (no universo real que nos cerca). Uma pequena parte do fractal repete a mesma estrutura do todo, repetição essa que pode ser matemática ou natural. Fractais naturais presentes em nosso cotidiano poderiam ser nuvens, couves-flores ou samambaias. Essas estruturas fractais são absolutamente comuns na natureza, sendo observadas nas árvores, no corpo humano, na distribuição de minerais, enfim, em todo o mundo que nos cerca, inclusive nós mesmos.

Os fractais são caracterizados em termos de sua dimensão. As dimensões fractais apresentam valores não inteiros, entre os valores das dimensões euclidianas. Por exemplo, uma árvore está situada entre um plano (dimensão igual a 2, D=2) e um volume fechado (D=3), apresentando uma

dimensão fractal (DF) entre esses valores (3<DF<2). Ou seja, a dimensão fractal, aqui chamada de DF, é uma grandeza que quantifica a fragmentação.

Outra característica importante dos fractais é que a sua massa (M) e o seu comprimento característico (L) apresentam uma relação de escala associada à dimensão fractal (DF):

$$M = kL^{DF}$$

Algumas vezes, essa relação é apresentada sem a constante k, ficando apenas uma relação da dependência mais forte, uma relação de escala, que pode ser explicitada em uma equação do tipo:

$$M \sim L^{DF}$$

A Figura 2.2 ilustra a dimensão fractal de sistemas simples em diferentes dimensões.

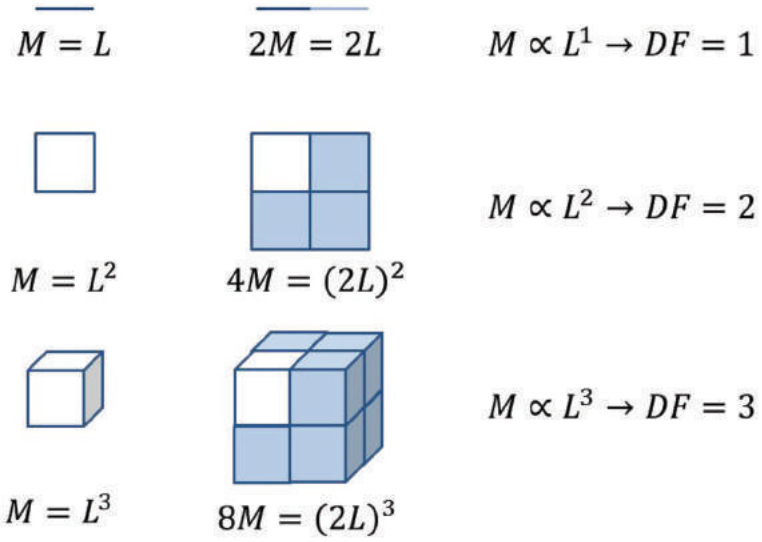


Figura 2.2 – Exemplos de dimensão fractal de sistemas simples em diferentes dimensões

Considere o primeiro caso, onde M=L para um fio de massa M, comprimento L e diâmetro desprezível 1. Se colocarmos um fio idêntico ao primeiro ao seu lado, o comprimento total dobra e a massa também; e assim sucessivamente para $M=L^2$ (um ladrilho de espessura desprezível) e $M=L^3$ (um cubo mágico, por exemplo).

Uma esfera de papel amassado apresenta características fractais que dependem do tipo de material utilizado na confecção do papel, de como suas fibras estão distribuídas, das componentes físicas e químicas associadas à sua resistência à compressão etc. Para um fractal, a massa varia com o comprimento, então a massa de uma esfera fractal varia com o diâmetro da esfera pela expressão:

$$M \sim D^{DF}$$

▸ Objetivo

Verificar a aplicabilidade da geometria fractal e determinar as dimensões fractais observando que essas grandezas têm um valor não inteiro.

▸ Parte experimental

Materiais

- Folha A3 de papel alumínio (2 unidades)
- Folha A3 de papel sulfite (2 unidades)
- Paquímetro e régua (1 unidade de cada)
- Tesoura (1 unidade)
- Balança analítica

Procedimento

Pegue uma folha de sulfite e uma de alumínio e corte-as em oito partes, conforme o esquema a seguir (Figura 2.3). Os nove pedaços de folhas de papel de tamanhos diferentes (e, portanto, massas diferentes) decrescem de fatores 2 e devem ser transformados em esferas (bolas), com o menor diâmetro e tão esféricas quanto possível.

Meça o diâmetro das esferas utilizando um paquímetro e uma régua pelo menos três vezes (o que acontece se mudarmos o autor das medidas e as posições onde estas são feitas? Tente!). Determine a massa de cada esfera, medindo-a pelo menos três vezes na balança analítica.

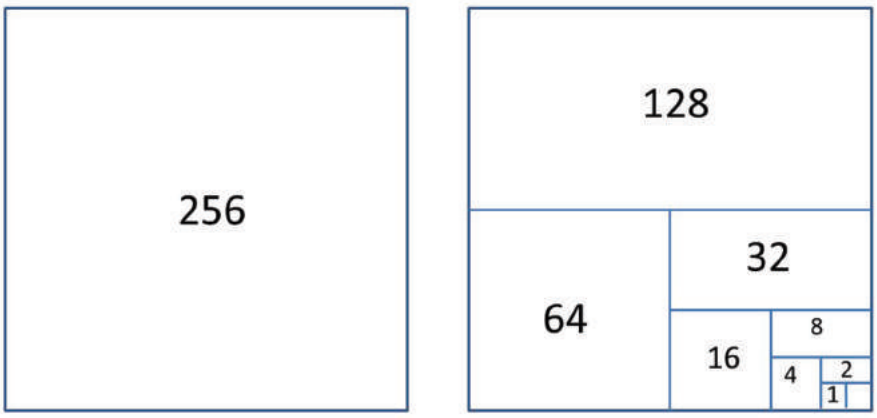


Figura 2.3 – Esquema para corte das folhas de alumínio

Repita o procedimento com outra folha de papel. Anote os valores nas Tabelas 2.1 e 2.2.

Tabela 2.1 – Medidas de massa e volume das esferas de papel alumínio

Esfera	Diâmetro (mm)			Massa (g)
	Medida	Paquímetro	Régua	
1	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
2	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
4	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
8	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
16	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
32	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
64	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
128	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			

Esfera	Diâmetro (mm)			Massa (g)
	Medida	Paquímetro	Régua	
256	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			

Tabela 2.2 – Medidas de massa e volume das esferas de papel sulfite

Esfera	Diâmetro (mm)			Massa (g)
	Medida	Paquímetro	Régua	
1	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
2	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
4	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
8	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
16	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			
32	I II III			
	$\overline{X} \pm s_x$			

Esfera	Diâmetro (mm)			Massa (g)
	Medida	Paquímetro	Régua	
64	I II III			
	$\bar{X} \pm s_x$			
128	I II III			
	$\bar{X} \pm s_x$			
256	I II III			
	$\bar{X} \pm s_x$			

Faça os gráficos em escala linear para cada caso (medidas com paquímetro e régua nas folhas de alumínio e papel).

(Espaço reservado para os gráficos)

► Referências

AMAKU, M. et al. *Rev. Bras. Ens. Fis.*, v. 23, n. 4, dez. 2001.

GOMES, M. A. F. *Am. J. Phys.*, v. 55, n. 7, 1987.

► Questionário

1. Determine o valor da dimensão fractal DF através da determinação do coeficiente angular da reta construída no gráfico logxlog.

2. Qual o significado do valor obtido?

3. Compare a distribuição de pontos nos dois gráficos e a aparência das curvas. Por que os pontos estão mais "espalhados" no gráfico logxlog?

4. Compare os seus resultados. Quais foram as principais fontes de erros aleatórios e sistemáticos?

Experimento 3

MICROBIOLOGIA E SAÚDE

Relevância

Os alunos têm a oportunidade de realizar procedimentos com micro-organismos, meios de cultura e avaliar a eficácia de meios antissépticos. O resultado depende da realização efetiva de uma série de procedimentos comuns nas áreas de biologia e saúde. Trata-se de um experimento que desafia o trabalho em grupo e a organização sequencial de procedimentos.

Materiais utilizados

- Balança semianalítica
- Espátulas de pesagem
- Béqueres de 100 mL
- Proveta de 100 mL
- 1 garrafa de vidro com tampa autoclavável
- Reagentes para preparação do meio de cultura (LB, ágar e glicose)
- Colônia de micro-organismos (E. coli)
- Autoclave
- Tubos Falcon de 50 mL estéreis
- 2 placas de Petri pequenas
- Caneta de retroprojetor
- Cotonetes estéreis
- Filme de PVC
- Água destilada
- Ampicilina (antibiótico) 50 mg mL-1

Áreas envolvidas

- Biologia
- Saúde

► Introdução

A microbiologia é o estudo de micro-organismos que são definidos, em princípio, como seres com dimensões microscópicas. Apesar de essa ser uma visão bastante simplificada, de modo geral, é correta. Esses seres englobam uma grande diversidade biológica, cujos principais grupos são os vírus, as bactérias, as árqueas, os protozoários e os fungos.

Os micro-organismos são encontrados em praticamente todos os ambientes naturais, como o solo, o ar, a água, o esgoto, as plantas, os seres humanos e outros animais. Dessa forma, para estudar os micro-organismos de um determinado material/ambiente, todo o procedimento deve ser realizado em um ambiente livre de outros micro-organismos (chamado ambiente estéril). Isso significa que o micro-organismo encontrado no experimento será oriundo do material/ambiente estudado.

Existem algumas manobras durante a manipulação do material que impedem a entrada de micro-organismos no sistema em estudo, conhecidas como manobras assépticas. Tais manobras envolvem basicamente o bico de Bunsen (Figura 3.1), e a realização de toda a manipulação deverá ser realizada dentro da "zona de segurança". Essa zona é a região do entorno que está mais próxima à chama, sem que haja perigo de superaquecimento ou queimaduras.

A utilização do bico de Bunsen é essencial, pois visa à diminuição de micro-organismos no campo de trabalho através do calor. Para isso, ele apresenta uma regulagem que torna possível selecionar o tipo de chama ideal para o trabalho. No caso da microbiologia, deve ser utilizada a chama azul, já que esta atinge maiores temperaturas e não apresenta fuligem. É importante ressaltar que a chama apresenta diferentes zonas, e tal fato é importante para que o processo de flambagem seja executado adequadamente. As zonas da chama são: zona neutra (é uma região mais fria e não deve ser utilizada para a flambagem), zona redutora e zona oxidante (são zonas em que ocorre a combustão e podem ser utilizadas para a flambagem).

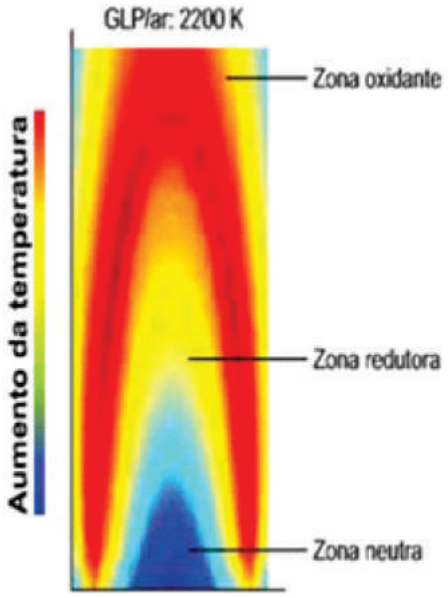


Figura 3.1 – Gráfico de contorno indicando a variação de temperatura e as zonas da chama produzida pela combustão de GLP e ar

O material utilizado na manipulação (meios de cultura, vidraria, entre outros) também deve ser livre de micro-organismos. Para torná-lo estéril ou para controlar o crescimento bacteriano nesse material, diversos métodos de assepsia e desinfecção, químicos ou físicos, são utilizados. Os quadros 3.1 e 3.2 mostram os principais métodos de assepsia de desinfecção.

Quadro 3.1 – Métodos químicos de assepsia e desinfecção

Agente	Uso	Modo de ação	Tempo de exposição
Álcoois (70-80%)	Antissépticos Desinfectantes	Desnaturação proteica Dissolução de lipídios	Curto (10-15 min)
Fenóis	Desinfectantes	Desnaturação proteica	Efeito imediato
Compostos quaternários de amônio	Antissépticos Sanitizantes Desinfectantes (instrumentos cirúrgicos)	Alteração da membrana celular bacteriana	Curto (10-30 min)
Cloro	Tratamento de água	Inativação enzimática Agente oxidante	Efeito imediato
Iodo	Antissépticos Desinfectantes	Inativação enzimática	Efeito imediato
Iodóforos	Antissépticos Desinfectantes	Inativação enzimática	Efeito imediato
Aldeídos	Desinfectantes (instrumentos e superfícies)	Desnaturação proteica Agente alquilante	Curto (formas vegetativas) Prolongado (esporos)
Metais pesados	Antissépticos	Inativação enzimática	

Quadro 3.2 – Métodos físicos de assepsia e desinfecção

Calor úmido (autoclave)	Vidraria, meios de cultura, artigos hospitalares	Desnaturação proteica	20 min
Calor seco (estufa a 170°C)	Instrumentos metálicos, óleos e vidrarias	Desnaturação proteica Oxidação	2 h
Filtração	Líquidos e meios de cultura	Retenção de partículas maiores que o poro do filtro	Efeito imediato
Radiação ionizante, ultravioleta)	Vidraria, plásticos, superfícies, preservação de alimentos	Formação de dímeros de piridina no DNA e de radicais livres	15 min (UV)

Outros procedimentos podem ser realizados para evitar ou restringir o crescimento de micro-organismos em meios de cultura. Um exemplo é a adição de antibióticos, compostos que têm efeito citotóxico ou citostático sobre células bacterianas. Os antibióticos mais utilizados são os que inibem a síntese da parede celular bacteriana (ex.: beta-lactâmicos), os que inibem a síntese proteica das bactérias (ex.: aminoglicosídicos), os que inibem a replicação bacteriana (quinolonas) e os que apresentam a citotoxicidade por produção de intermediários reativos (ex.: nitrofuranos).

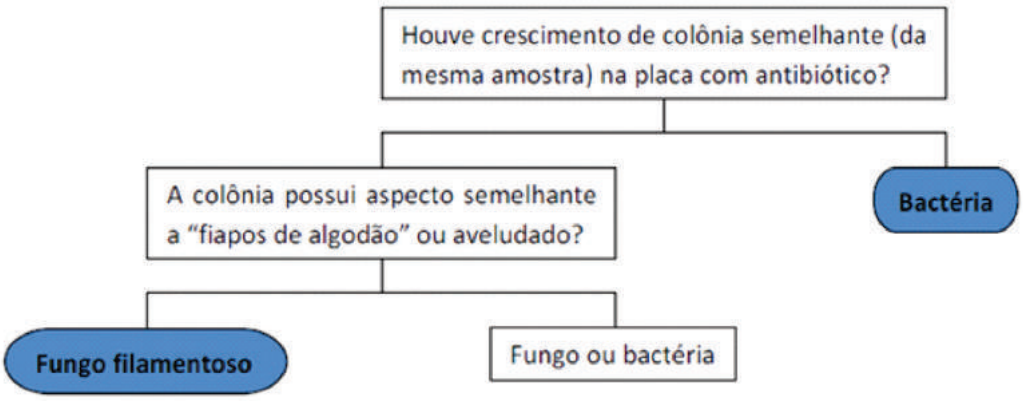


Figura 3.2 – Chave de identificação dos micro-organismos

Para identificar se as colônias de micro-organismos em um meio de cultura são fungos ou bactérias, uma análise preliminar pode ser feita analisando-se apenas características macroscópicas (Figura 3.2). De acordo com as características observadas, como tamanho, forma e resistência ao antibiótico, é possível identificar a provável natureza de alguns micro-organismos. Para sabermos se um determinado micro-organismo é bactéria ou fungo, testes mais sofisticados podem ser necessários.

Uma forma simples de diferenciar fungos (Eukarya) de bactérias (Procarya) é observando sua morfologia macro e microscópica. Os fungos podem ser morfologicamente divididos em dois grandes grupos: filamentosos e não filamentosos (Figura 3.3). Os fungos filamentosos são multicelulares e formam estruturas em formato de tubos chamados hifas. Estes fungos formam colônias com aspectos morfológicos semelhantes a "fiapos de algodão", "veludos", "pelos". Os fungos não filamentosos são geralmente organismos unicelulares confundidos com colônias de bactérias. A diferenciação é realizada pela observação em microscópico óptico: as células eucarióticas são maiores que as procarióticas. Além disso, as bactérias podem ser de diversas formas: cocos (esféricas ou arredondadas), bacilos (forma de bastão), vibrião (forma de vírgula), espirilo (forma espiral).

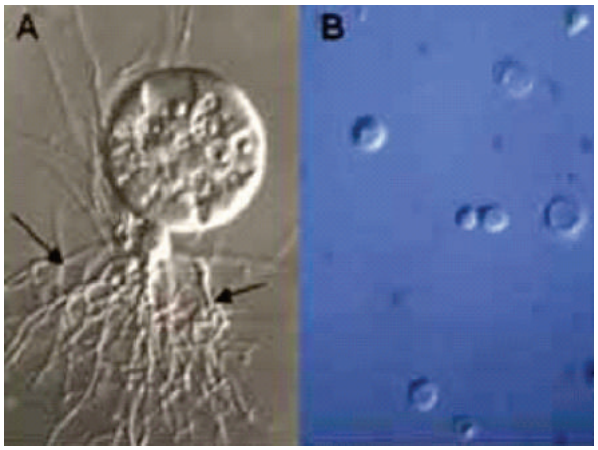


Figura 3.3 – Fotomicrografias de fungos observados ao microscópio óptico de contraste interferencial. A, fungo filamentoso *Chytridiumconfervae*. As setas indicam as hifas desse fungo. B, fungo não filamentoso (leveduriforme) do gênero Saccharomyces

► Objetivo

Verificar a presença de micro-organismos em diversos objetos/ambientes em meios de cultura com ou sem antibiótico. Para tal, todo o procedimento deverá ser realizado utilizando manobras assépticas em ambiente estéril.

► Parte experimental

Materiais

- Balança semianalítica
- Espátulas de pesagem
- Béqueres de 100 mL
- Proveta de 100 mL
- 1 garrafa de vidro com tampa autoclavável (ex.: garrafa de suco)
- Reagentes para preparação do meio de cultura (LB, ágar e glicose)
- Colônia de micro-organismos (*E. coli*)
- Autoclave
- Tubos Falcon de 50 mL estéreis
- 2 placas de Petri pequenas
- Caneta de retroprojetor
- Cotonetes estéreis
- Fita crepe
- Filme de PVC
- Fita de autoclave
- Água destilada
- Ampicilina (antibiótico) 50 mg mL-1

Procedimento

PARTE A – Preparo do meio de cultura para micro-organismos

Sempre que fizer um experimento, faça apenas a quantidade de meio de cultura que for usar. Nesta prática, serão utilizadas duas placas de Petri contendo meio de cultura constituído por LB, ágar e glicose.

Calcule quanto de cada reagente você precisará para preparar 30 mL de meio, sendo 15 mL para cada placa de Petri. Pese cada reagente separadamente (LB, ágar e glicose), respeitando as proporções, e junte-os em um becker. Em uma proveta, acrescente o volume final de água destilada (i.e., se você preparar 30 mL de meio, meça 30 mL de água). Insira os valores na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Meio LB-água suplementado com glicose com ou sem ampicilina

Reagentes	Para 1.000 mL de meio sem antibiótico	Para 1.000 mL de meio com antibiótico	Para 30 mL de meio
LB Broth	25 g	25 g	
Ampicilina	-	50 $\mu g.mL^{-1}$	
Glicose	20 g	20 g	
Água	Para completar 1 L	Para completar 1 L	
Agar bacteriológico	15 g	15 g	

Transfira a água da proveta para a garrafa de vidro já contendo o LB, o ágar e a glicose e mexa até dissolver completamente. Escreva o nome do grupo em um pedaço de fita crepe e cole na garrafa. Autoclave por 15 minutos.

PARTE B – Preparo das placas de Petri com o meio de cultura

Enquanto a solução está na autoclave, anote na parte de baixo das placas de Petri a identificação dos quadrantes, uma identificação do grupo e a data. Divida a parte de baixo da placa em quatro partes iguais com uma caneta de retroprojetor (Figura 3.4). Cuide para não abrir a placa de Petri fora do bico de Bunsen (zona de segurança).

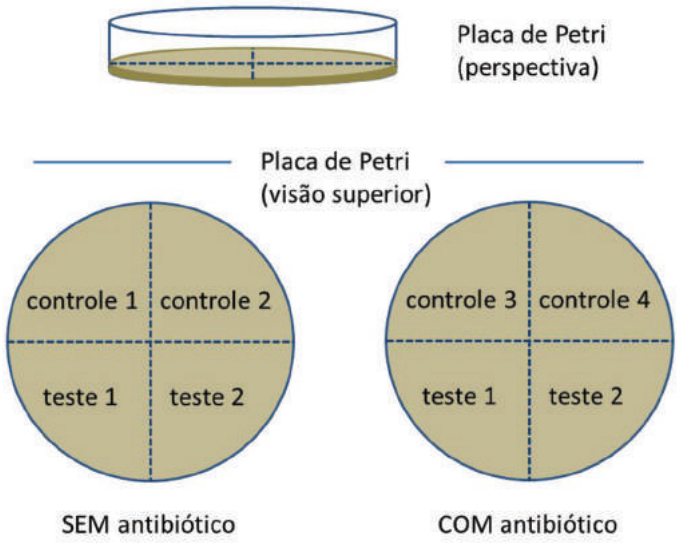


Figura 3.4 – Esquema de divisão das placas com e sem antibiótico

PARTE C – Plaqueamento com micro-organismos e verificação do crescimento de colônias de bactérias

Depois que o meio de cultura foi autoclavado, espere que ele esfrie (até que consiga encostar a garrafa no antebraço). Enquanto isso, acenda o bico de Bunsen: a partir deste ponto, **toda manipulação deverá ser realizada em zona de segurança**.

Verta todo o meio da garrafa de vidro em um tubo Falcon e adicione 15 mL em uma das placas de Petri, deixando-a semiaberta. Aos outros 15 mL restantes do tubo Falcon, adicione o antibiótico. Misture com cuidado e verta o meio com antibiótico na placa de Petri determinada, deixando-a semiaberta. Espere o meio das duas placas de Petri solidificar por completo.

Sempre perto da chama, faça os testes de maneira que, nos quadrantes **Controle nº 1** e **Controle nº 3**, não seja esfregado nada. Já nos quadrantes **Controle nº 2** e **Controle nº 4**, passe o cotonete que foi previamente esfregado em uma cultura de bactéria (neste caso, *Escherichia coli*).

Ainda na zona de segurança, passe o cotonete que foi previamente esfregado em uma superfície ou solução que você queira testar se há micro-organismos nos quadrantes **Teste nº 1** e **Teste nº 2** nos dois meios de cultura (com ou sem antibiótico).

Quando terminar, feche as placas de Petri e coloque-as de cabeça para baixo na estufa a 37°C para crescimento durante duas noites. Após a incubação das placas na estufa, verifique se houve crescimento de algum micro-organismo por quatro dias. Registre a evolução fotograficamente.

Figura 3.5 – Fotografias das placas de Petri assim que preparadas

Figura 3.6 – Fotografias das placas de Petri no primeiro dia

Figura 3.7 – Fotografias das placas de Petri no segundo dia

Figura 3.8 – Fotografias das placas de Petri no terceiro dia

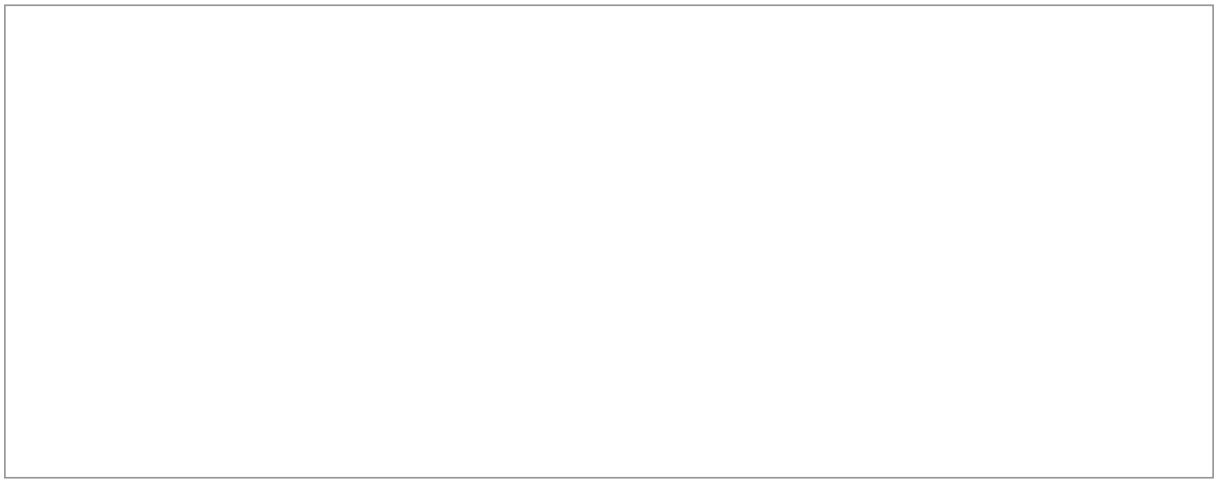


Figura 3.9 – Fotografias das placas de Petri no quarto dia

► Referências

BLACK, J. G. *Microbiology*: principles and applications. 3. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1996.

CARLILE, M. J.; WATKINSON, S. C. *The fungi*. London: Academic Press: Hartcourt Brace & Company Publishers, 1997.

VERMELHO, A. B. et al. *Práticas de microbiologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

► Questionário

1. Qual a função dos controles nº 1, 2, 3 e 4?

2. Você esperaria que houvesse crescimento de micro-organismos nos controles nº 1 a 4? Por quê?

3. No seu experimento, houve crescimento de algum micro-organismo nos controles nº 1 a 4? E nos testes? Justifique a partir das imagens.

4. Quais foram os controles negativo e positivo neste experimento? Por quê?

5. Onde foram coletados Teste 1 e Teste 2? O que motivou a escolha?

6. Aponte nas imagens o crescimento das colônias. É possível realizar uma análise quantitativa?

7. A partir da observação do crescimento (ou não) de micro-organismos em seus meios de cultura, quais métodos de assepsia e desinfecção você utilizaria para tornar a solução estudada um ambiente estéril? E em relação aos procedimentos envolvidos nos experimentos como um todo?

8. Diante dos resultados obtidos, você julga necessário repetir o experimento para obter uma conclusão mais definitiva? Se você fosse repetir o experimento, o que você faria de forma diferente? (não será necessário repetir o experimento de fato)

CONSTRUÇÃO DE UM SENSOR DE TEMPERATURA[5]

Relevância

Nosso cotidiano é cercado pela tecnologia. Pode-se dizer que a tecnologia torna mágica em realidade. Hoje, o homem voa e conversa a distância. Este experimento aproxima o aluno da tecnologia, mostrando que os fenômenos utilizados em sensores são inerentes aos materiais que podem ser encontrados até mesmo em uma residência.

Materiais utilizados

- Materiais condutores encontrados no cotidiano
- Ferro de solda e fio de estanho para solda
- Béqueres
- Termômetro de coluna de mercúrio ou álcool
- Gelo
- Chapa aquecedora
- Vela
- Multímetro

Áreas envolvidas

- Fenômenos físicos
- Energia
- Circuitos elétricos
- Tecnologia de sensores

[5] O experimento aqui proposto surgiu a partir do projeto final de Base Experimental das Ciências Naturais dos alunos ingressantes da UFABC do ano de 2013, Agatha Lopes, Bianca Rezende, Mariana Carvalho, Raoan Oliveira e Thabata Provin. O projeto obteve menção honrosa no XI Simpósio de Base Experimental das Ciências Naturais, e o resumo expandido referente a esse projeto consta nos anexos.

► Introdução

As ciências naturais se fundamentam fortemente em dispositivos que medem grandezas físicas. A maior parte dos cientistas defende que argumentos científicos devem, sempre que possível, basear-se em parâmetros mensuráveis como distância, temperatura, pressão, condutividade elétrica, acidez etc.

No contexto da indústria e laboratórios de pesquisa, busca-se a integração dos instrumentos de medida com computadores, de forma que os processos e ensaios sejam realizados automaticamente. Nesse sentido, a definição moderna de sensor é a de um dispositivo que transforma uma grandeza física em uma variável elétrica que pode ser processada.

O ramo da ciência que trata do desenvolvimento de dispositivos que medem grandezas físicas denomina-se instrumentação. Neste experimento, construiremos um tipo específico de sensor de temperatura, conhecido como termopar.

A temperatura é um parâmetro físico de extrema importância. De fato, a medida de muitos outros parâmetros, como a umidade, depende da medida de temperatura, ou seja, dentro de cada sensor de umidade existe um sensor de temperatura a ele associado. Além disso, uma medida confiável de temperatura não é tarefa simples. Pense, por exemplo, nos termômetros que temos em casa para medir a temperatura corporal. Seria bastante desejável que essa medida fosse imediata, mas tal tecnologia ainda não é acessível.

Os termopares são sensores de temperatura baseados no efeito Seebeck (Figura 4.1). São dispositivos que transformam uma diferença de temperatura em diferença de potencial elétrico (ddp, conhecida também como tensão elétrica ou voltagem). De forma simplificada, podemos dizer que uma tensão elétrica pode ser observada nas extremidades de qualquer condutor quando estas forem submetidas a uma diferença de temperatura.

Sob esse ponto de vista, o fio de arame representado na Figura 4.1 pode ser considerado um sensor de temperatura. Uma forma intuitiva de se entender o fenômeno é considerar que os elétrons de condução de um metal constituem um gás. Sabemos que esses elétrons são livres para se mover no condutor (daí a possibilidade de haver corrente elétrica nos metais). Na extremidade quente, os elétrons possuem maior agitação térmica, ocasionando maior interação entre eles e diminuindo a densidade eletrônica naquela região (pense como uma briga de torcida diminui a densidade de pessoas na região da arquibancada onde ela ocorre). O efeito oposto ocorre na extremidade fria. Como o potencial elétrico está intimamente relacionado com a densidade eletrônica, é natural esperar uma tensão elétrica entre as extremidades do arame. Esse efeito é maior quanto maior for a diferença de temperatura. Para se realizar uma medida da diferença de temperatura entre o gelo e a chama, bastaria medir a tensão elétrica nas extremidades do fio. No entanto, usar o fio dessa forma traz um problema prático. Imagine a hipótese de utilizarmos um multímetro para medirmos a tensão elétrica entre as extremidades do fio de arame. Nesse caso, um dos cabos do multímetro estaria em contato térmico com a extremidade fria e outro cabo com a extremidade quente, o que geraria um efeito Seebeck nos cabos do multímetro, interferindo na medida.

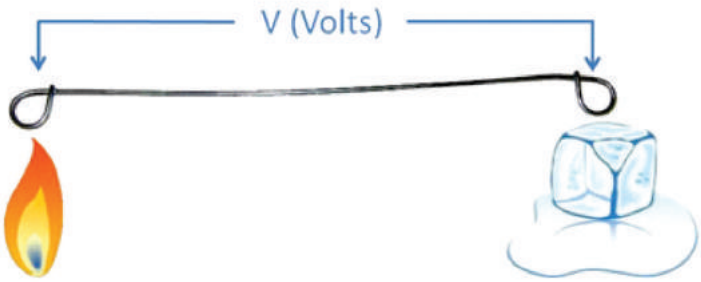


Figura 4.1 – Representação esquemática do efeito Seebeck

Para resolver esse problema, utiliza-se um par de condutores distintos arranjados conforme a Figura 4.2, daí o nome termopar. Nessa configuração, o multímetro e seus cabos ficam na região de equilíbrio térmico com o ambiente, não sofrendo os efeitos termoelétricos. Note que a característica desse sensor é a presença de dois condutores diferentes, e deseja-se que estes possuam características Seebeck bastante distintas. Se o arranjo fosse feito com um mesmo condutor, ou com condutores com características similares em termos do efeito Seebeck, a tensão medida seria nula ou desprezível, uma vez que suas extremidades (inseridas na região de equilíbrio térmico com o ambiente) não apresentariam variação de temperatura.

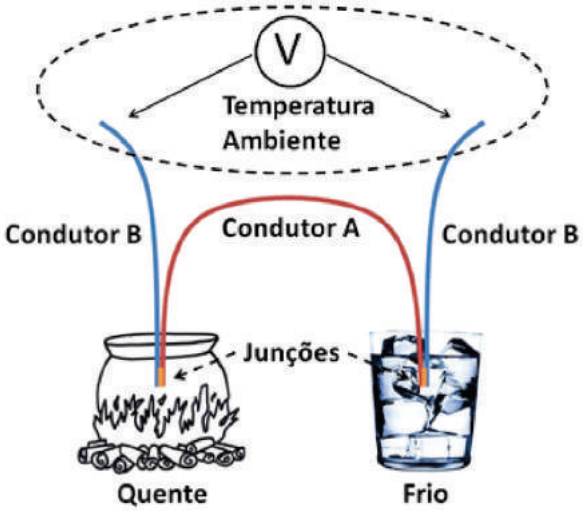


Figura 4.2 – Diagrama esquemático de um termopar em situação típica de medição

Observe que, nessa configuração, o termopar apresenta duas junções, denominadas "junção quente" e "junção fria". Por praticidade, e também por motivos históricos, a junção fria é considerada uma junção de referência e é mantida em uma mistura de água e gelo a 0°C. A junção quente é levada em contato com o elemento do qual se deseja saber a temperatura.[6] A expressão matemática que rege o comportamento de um termopar é dada pela equação (1):

[6] Por praticidade, os termopares comerciais apresentam apenas a junção quente. A junção fria é suprimida e compensada eletronicamente. Trata-se de uma sofisticação da técnica que não é foco deste roteiro.

$$V = \alpha_{AB}\Delta T \qquad (1)$$

Onde **V** é a tensão medida nas extremidades, α_{AB} é o coeficiente Seebeck referente ao par de condutores A e B e Δ**T** é a diferença de temperatura entre as junções do termopar.

Note que a equação (1) é a equação de uma reta, cujo coeficiente angular é dado pelo coeficiente Seebeck. Na Figura 4.3, podemos observar as curvas características de termopares convencionais. Cada letra indica um termopar diferente. Por exemplo, o termopar E é feito com as ligas chromel (90% níquel e 10% cromo) e constantan (55% cobre e 45% níquel), e o termopar tipo S é feito com platina e uma liga de 90% de platina e 10% ródio. Note também a ordem de grandeza do fenômeno, em que a diferença de temperatura de milhares de graus Celsius gera uma tensão elétrica da ordem de dezenas de milivolts.

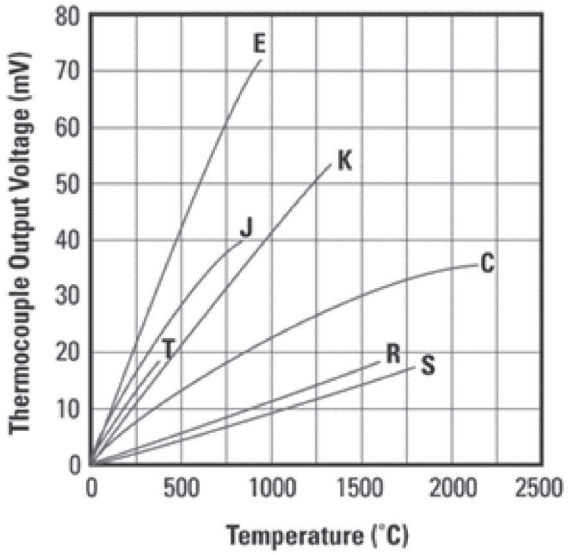


Figura 4.3 – Curvas características de vários termopares convencionais

▸ Objetivo

Construir dois termopares diferentes e determinar a curva característica de cada um deles. Utilizar os termopares construídos para determinar a temperatura da chama de uma vela.

▸ Parte experimental

Materiais

- ~ 1,5 metro de três materiais condutores diferentes. Podem ser utilizados fios, fitas e até mesmo barras, desde que seja possível configurar os termopares de forma que as junções possam

ser inseridas em béqueres diferentes, como na Figura 4.2. O material pode ser qualquer condutor de eletricidade, como cobre, ferro, alumínio, arames, aços etc. (esse material deve ser providenciado pelos integrantes do grupo)

- Ferro de solda e fio de estanho para solda
- 2 béqueres
- Termômetro de coluna de mercúrio ou álcool
- Gelo
- Chapa quente (*hot plate*)
- Vela
- Multímetro

Procedimento

Aquecer um béquer com água na chapa quente até a fervura.

Utilizando os três materiais condutores trazidos pelo grupo, montar dois termopares, como na Figura 4.4. Ficam a critério do grupo quais são os condutores A e B para cada caso.

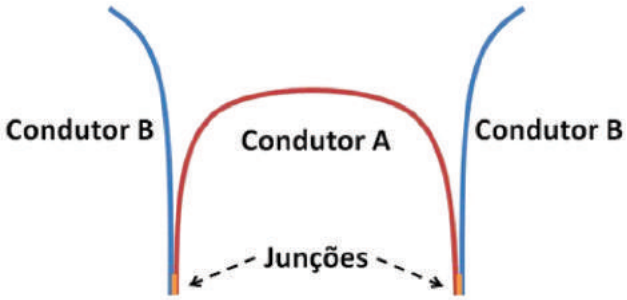


Figura 4.4 – Diagrama esquemático de um termopar

Para garantir a resistência mecânica e a qualidade do contato elétrico necessários, as junções são feitas por meio de solda de estanho. Em princípio, pouco importa como é feita a junção (por solda, fusão ou apenas contato), o importante é que o contato elétrico entre os condutores A e B seja garantido.

Em seguida, deve-se obter a curva característica dos dois termopares. Para isso, é necessário obter várias medidas de tensão referentes a diferentes variações de temperatura entre as junções. A junção fria é mantida em um béquer contendo uma mistura de gelo e água a 0°C. A junção quente é inserida no béquer com água aquecida cuja temperatura é verificada com o termômetro. Com muita cautela, a primeira leitura deve ser feita com a água o mais próximo possível da fervura. Esta corresponde à leitura com a maior variação de temperatura entre as junções. Na sequência, à medida que a temperatura da água do béquer vai baixando, outras leituras de tensão podem ser obtidas. Os resultados para os termopares 1 e 2 devem ser inseridos nas Tabelas 4.1 e 4.2.

Tabela 4.1 – Valores medidos para o termopar 1

Termopar 1: **Condutor A =**		**Condutor B =**		
Medida	**Temperatura Junção fria (°C) Verificar se ocorre**	**Temperatura Junção quente (°C)**	**ΔT (°C)**	**V (mV)**
1	0°C			
2	0°C			
3	0°C			
4	0°C			
5	0°C			
6	0°C			
7	0°C			
8	0°C			
9	0°C			
10	0°C			
11	0°C			
12	0°C			
13	0°C			
14	0°C			
15	0°C			
16	0°C			
17	0°C			
18	0°C			
19	0°C			
20	0°C			

Tabela 4.2 – Valores medidos para o termopar 2

Termopar 2: **Condutor A =**		**Condutor B =**		
Medida	**Temperatura Junção fria (°C) Verificar se ocorre**	**Temperatura Junção quente (°C)**	**ΔT (°C)**	**V (mV)**
1	0°C			
2	0°C			
3	0°C			
4	0°C			
5	0°C			
6	0°C			
7	0°C			
8	0°C			
9	0°C			
10	0°C			
11	0°C			
12	0°C			
13	0°C			
14	0°C			
15	0°C			
16	0°C			
17	0°C			
18	0°C			
19	0°C			
20	0°C			

No espaço a seguir, faça os gráficos das curvas características dos termopares 1 e 2. Por meio dos dados experimentais, atribua uma reta ao comportamento da tensão em função da diferença de

temperatura entre as junções para cada um dos casos. A partir das retas, determine os coeficientes Seebeck e dos termopares 1 e 2, respectivamente.

α_{AB1} =

α_{AB2} =

Após determinar o coeficiente Seebeck dos termopares, pode-se utilizá-los para a realização de medidas de temperatura. Como objeto de teste, utilizaremos a chama de uma vela.

Mantendo-se a junção fria a 0°C, introduza a junção quente na chama da vela e meça a tensão nas extremidades do termopar. Esse procedimento deve ser feito com todo o cuidado. O calor da chama propaga-se pelos condutores do termopar, por isso eles devem ser mantidos na posição por meio de uma pinça adequada ou um suporte. Além disso, é bem provável que o calor da chama provoque a fusão do estanho da solda. A medida funcionará desde que o contato elétrico seja mantido.

A partir da tensão medida e da equação (1), determine a temperatura da chama da vela.

(cálculos)

Temperatura da chama da vela =

► Questionário

1. Compare os coeficientes Seebeck obtidos para os termopares que você construiu. Qual deles é mais sensível? Justifique.

2. Compare a temperatura da chama da vela obtida no experimento com os dados obtidos na literatura. Faça uma análise crítica do resultado obtido pelo seu grupo, indicando os principais fatores que contribuíram para o resultado do experimento.

3. No roteiro, afirmou-se que, "em princípio, pouco importa como é feita a junção (por solda, fusão ou apenas contato), o importante é que o contato elétrico entre os condutores A e B seja garantido". Isso procede em primeira aproximação. Discuta com seu grupo o porquê desse fato.

4. Na Figura 4.3, é evidente que todas as curvas características dos termopares passam pela origem. Note que a abscissa é dada em graus Celsius, e não em Kelvins, o que caracteriza a origem em 0°C como arbitrária. Porque isso ocorre?

5. O coeficiente Seebeck de um termopar comercial é da ordem de 40 $\mu V/°C$. Compare esse valor com o obtido pelos termopares montados pelo seu grupo. Justifique.

(Espaço revervado para anotações e cálculos)

USO DO MÉTODO CIENTÍFICO NA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Relevância

Para o bacharel em ciências, são de extrema importância a reflexão e o amadurecimento com relação ao método científico. Neste experimento, os alunos desenvolverão o processo hipotético-dedutivo para a compreensão de um fenômeno químico.

Materiais utilizados

- Balão volumétrico de 50 mL (2 unidades)
- Bastão de vidro (1 unidade)
- Béquer de 100 mL (2 unidades) e 250 mL (1 unidade)
- Frasco erlenmeyer de 125 mL com tampa (2 unidades)
- Proveta de 50 mL (1 unidade)
- Água destilada
- Glicose P.A.
- Hidróxido de sódio P.A.
- Solução de azul de metileno 0,01%
- Balança analítica
- Cronômetro (1 unidade)
- Pipetador automático (1 unidade)
- Caneta de retroprojetor e papel toalha

Áreas envolvidas

- Método científico
- Química
- História e filosofia da ciência

► Introdução

A determinação da fronteira entre o que pode e o que não pode ser considerado ciência consiste em um grande tema de discussão para cientistas e filósofos da ciência. O "problema da demarcação", como é conhecido esse debate, inclui grandes figuras da ciência e da filosofia, tais como Francis Bacon, René Descartes, Karl Popper, Gaston Bachelard e Thomas Kuhn e está relacionado com fatores como: a mensurabilidade e a reprodutibilidade de um experimento, o poder explicativo de uma teoria científica, a correlação com outras teorias aceitas, a falseabilidade, o conceito de verdade, a aceitação pela comunidade científica etc. Intimamente correlacionado com o "problema da demarcação", o método científico também fica em evidência nas discussões científicas e filosóficas. Trata-se de um método ou procedimento que tem caracterizado as ciências naturais desde o século XVII e consiste na observação sistemática, realização de medidas e experimentos, formulação de hipótese e novos ensaios para fortalecimento ou modificação de hipóteses. No âmago do método científico, está uma abordagem amplamente utilizada, denominada "abordagem hipotético-dedutiva". Neste experimento, trataremos, de forma prática e intuitiva, do método hipotético-dedutivo para a obtenção de valores cognitivos em grau elevado (ou seja, obter maior compreensão da natureza).

► Objetivo

Utilizar o método científico para decidir se dois líquidos com características macroscópicas similares são a mesma substância. Formular a hipótese que comprove a semelhança ou a diferença na composição dos líquidos com base nas observações a serem realizadas.

► Parte experimental

Materiais

- Bastão de vidro (1 unidade)
- Béquer de 100 mL (2 unidades)
- Béquer de 250 mL (1 unidade)
- Frasco erlenmeyer de 125 mL com tampa (2 unidades)
- Proveta de 50 mL (1 unidade)
- Água destilada
- Glicose P.A.
- Hidróxido de sódio P.A.
- Solução de azul de metileno 0,01%
- Balança analítica
- Cronômetro (1 unidade)
- Pipetador automático (1 unidade)
- Caneta de retroprojetor
- Papel toalha

Procedimentos

PARTE A – Preparo das soluções

Coloque 170 mL de água destilada a um erlenmeyer com 3,5 g de hidróxido de sódio, previamente pesado em balança analítica. Agite até a completa dissolução. Aguarde alguns minutos até a solução retornar à temperatura ambiente. Enquanto aguarda, pese 6,0 g de glicose e 0,1 g de NaCl separadamente.

Dissolva a glicose e o sal na solução de hidróxido de sódio. Após completa dissolução, adicione 5 mL da solução de azul de metileno 0,01%. Agite a solução até a completa homogeneização. Reserve.

PARTE B – Experimentação

Utilize a solução para encher um dos erlenmeyers completamente.

DICA: *Coloque papel toalha embaixo do frasco, já que existe a possibilidade de derramar um pouco de solução.*

Tampe-o em seguida.

Outro erlenmeyer deve ser preenchido até a metade de seu volume. Com uma caneta de retroprojetor, identifique o erlenmeyer totalmente cheio como **FRASCO B** e o outro como **FRASCO A**.

Agite vigorosamente os dois frascos, em um movimento de cima para baixo, por um mesmo período de tempo. Garanta que seu polegar prenda a a tampa do erlenmeyer durante a agitação, conforme a Figura 5.1. Observe os frascos cuidadosamente. Anote suas observações no Quadro 5.1.

Figura 5.1 – Agitação dos frascos erlenmeyers

Faça a quantidade de testes que achar conveniente para explorar todas as variáveis envolvidas no experimento. Anote o que achar necessário nos Quadros 5.1 e 5.2. A partir de todas as observações, elabore uma conclusão sobre o fenômeno observado.

Quadro 5.1 – Efeito da agitação nos conteúdos dos frascos A e B (cheio)

Semelhanças	Diferenças

Quadro 5.2 – Testes realizados pelo grupo

Descrição simplificada do teste	Observações e conclusões

► Referências

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

CHALMERS, A. F. *O que é a ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 1993.

GLENCOE; *Biology*: the dynamics of life. Columbus: Laboratory Manual: McGrawHill, 1999.

► Questionário

1. Qual sua hipótese inicial sobre o fenômeno observado?

2. Que substância presente no frasco A pode ter sido responsável pela mudança observada no líquido? Como chegou a essa conclusão?

3. Descreva detalhadamente o procedimento experimental realizado para explorar as variáveis inerentes ao fenômeno estudado.

4. Com base nos procedimentos adotados e nas observações realizadas, o que se quer dizer com a frase "resolução de problemas utilizando o método científico"?

5. A partir das observações obtidas nos experimentos desenvolvidos pelo seu grupo, a qual conclusão se chegou? A conclusão confere com a hipótese? Justifique.

DETERMINAÇÃO DE DIMENSÕES FÍSICAS POR DIFRAÇÃO

Relevância

A introdução realça a questão histórica da interpretação ondulatória ou corpuscular da luz. A parte prática procura evidenciar fenômenos que são compreendidos sob o ponto de vista ondulatório. O experimento expõe os alunos a conceitos sofisticados de óptica e geometria.

Materiais utilizados

- Lápis
- Papel milimetrado
- Trena
- *Laser* (ponteira *laser*)
- CD e DVD
- Lâminas de vidro
- Luvas descartáveis
- Suporte (porta-recados)
- Fio de cabelo

Áreas envolvidas

- Óptica
- Geometria
- Noções intuitivas de técnicas de medição
- História da ciência

► Introdução

Desde a Grécia Antiga, acreditava-se que a luz fosse constituída de partículas que se propagavam a grande velocidade. Por volta de 1500, Leonardo da Vinci, observando a semelhança entre a reflexão de ondas de água e a reflexão da luz, sugeriu que a luz fosse uma onda. No século XVII, consolidaram-se duas correntes teóricas a respeito da natureza da luz: a "teoria corpuscular", elaborada por Isaac Newton, e a "teoria ondulatória", defendida pelo holandês Christiaan Huygens. Ambas explicavam satisfatoriamente os fenômenos óticos observados até então.

Nos últimos séculos, as visões ondulatória e corpuscular da luz coexistiram com oscilações de aceitação e popularidade de uma sobre a outra. Trata-se de um assunto fascinante para a história e filosofia da ciência. A teoria corpuscular de Newton tinha o apoio de personalidades como Siméon Denis Poisson, Jean-Baptiste Biot e Pierre-Simon Laplace. Uma particularidade da teoria corpuscular era que a velocidade da luz na água precisaria ser maior do que no ar. No ano de 1862, o francês Foucault conseguiu medir a velocidade da luz dentro e fora da água, contrariando a previsão da teoria de Newton. A partir de então, essa teoria perdeu popularidade para a teoria ondulatória, que vinha sendo defendida por personalidades como Thomas Young, Leonhard Euler e Augustin-Jean Fresnel. Outra anedota histórica interessante, que resultou em maior suporte para a teoria ondular, foi a crítica de Poisson à visão ondulatória de Fresnel. Segundo Poisson, se o modelo de Fresnel estivesse correto, o processo de difração poderia resultar em uma interferência construtiva diretamente atrás de um anteparo, como se este tivesse uma "sombra de luz". Um absurdo, segundo Poisson. Experimentos cuidadosos mostraram que isso, de fato, é possível, e o argumento de Poisson teve um efeito reverso, minando ainda mais o suporte para a teoria corpuscular. Esta entrou novamente em voga quase cem anos mais tarde, com a teoria quântica proposta por cientistas como Max Planck e Albert Einstein. O advento da física quântica resultou no caso especial em que as visões corpusculares e ondulatórias são amplamente aceitas e coexistem dentro de um mesmo arcabouço conceitual.

Sempre ouvimos dizer que a luz se propaga em linha reta. Essa afirmação é válida até certo ponto. Em escalas astronômicas, o próprio espaço é considerado curvo, afetando também a trajetória da luz. Em escalas microscópicas, efeitos quânticos se tornam importantes. Nessa escala, pode-se dizer que objetos "espalham" a luz, ou seja, a luz sofre *difração*. A compreensão da difração está fundamentada ao Princípio de Huygens-Fresnel, segundo o qual, em qualquer meio homogêneo e isotrópico, cada ponto sobre uma frente de onda pode ser considerado como uma fonte secundária de ondas cujo envelope, num instante posterior, corresponde à frente de onda primária naquele instante. As ondas secundárias são esféricas, espalhando-se em todas as direções com a mesma velocidade e frequência da onda primária original e sofrendo interferência umas com as outras.

Historicamente, o termo "difração" foi introduzido para caracterizar o desvio com relação à propagação retilínea da luz. A difração observada quando a fonte de luz e o anteparo estão distantes da fenda, em comparação com a largura da mesma, é conhecida como difração de Fraunhofer (ou difração de campo distante). Podemos observar a difração da luz no nosso cotidiano, por exemplo, quando observamos as lâmpadas da rua através do vidro de um carro com pequenos riscos e imperfeições no vidro ou quando observamos a superfície de um CD ou DVD.

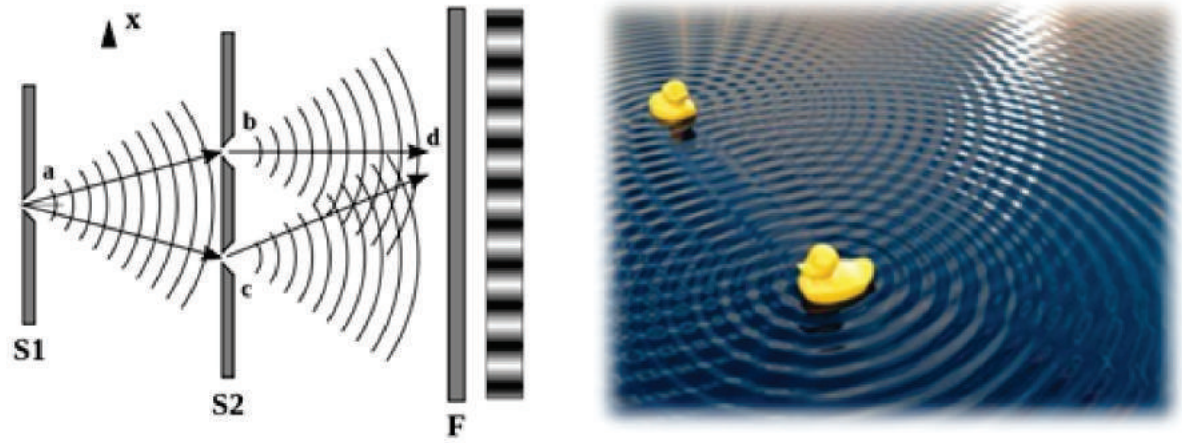


Figura 6.1 – Diagrama esquemático do experimento de fenda dupla de Young e experimento análogo como ondas na superfície da água

Fonte: "Ebohr1 IP" by Stannered - File:Ebohr1.svg. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ebohr1_IP.svg#mediaviewer/File:Ebohr1_IP.svg>.

Assim como a difração, outro fenômeno característico das ondas é a *interferência* da luz. Se, por exemplo, observarmos um tanque com água parada ao jogarmos uma pedra, veremos ondas (ondas de água) que se propagam: esse é um fenômeno ondulatório. Se jogarmos duas pedras em posições diferentes, o padrão que se observa é chamado padrão ou franjas de interferência e é resultado do fato de que, em alguns lugares na superfície da água, a crista de onde provém uma fonte se soma à crista de onda da outra, e as ondas se reforçam (interferência construtiva). Em outros lugares, quando a crista de onda que provém de uma fonte se soma a uma depressão de onda da outra, elas se cancelam, ou seja, não há onda (interferência destrutiva). Essa interferência ocorre, de maneira bastante similar, com a luz que passa por duas fendas. Neste caso, é conhecida como Experiência de Young, conforme podemos ver na Figura 6.1.

Tanto a difração quanto a interferência são fenômenos indicadores da natureza ondulatória da luz. No caso de fenda dupla, temos o fenômeno da difração e interferência da luz proveniente das duas fendas e o que observamos é a sobreposição dos efeitos, com o aparecimento das chamadas franjas dentro dos máximos correspondentes à difração.

Fenômenos ondulatórios da luz podem ser observados em diversas situações do nosso cotidiano, como também em experimentos de laboratório. Em todos os casos, é importante conhecer as características dos diversos tipos de fontes de luz, para uma melhor interpretação dos fenômenos observados. Entre a variedade enorme de fontes de luz, podemos destacar:

- Sol: é uma fonte de luz extensa que emite luz no espectro contínuo de radiação (do ultravioleta ao infravermelho, passando pela luz visível). Sendo assim, abarca vários comprimentos de onda. Trata-se de uma fonte de luz com baixa coerência espacial e temporal;
- *Laser*: o termo "*laser*" vem da expressão em inglês *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (TIPLER, 2000), pois apresenta características que o diferenciam das outras fontes conhecidas: tem um comprimento de onda bem definido, ou seja, é uma luz monocromática; é intensa; direcional; e é uma fonte altamente coerente.

As características do *laser* o distinguem de uma lâmpada comum, como a de filamento incandescente, por exemplo. Esta última, ao contrário do *laser*, é policromática, em geral com mais baixa intensidade e propagada em todas as direções.

Quando o *laser* foi descoberto, não se podia avaliar a enormidade de aplicações a que serviria. Por vários anos após sua invenção, os colegas de Townes (o inventor do *laser*) gostavam de provocá-lo dizendo que a sua invenção tinha sido uma grande ideia, mas que o *laser* era uma solução à procura de um problema. *Lasers* são hoje utilizados em afazeres corriqueiros, como nas leituras de código nas caixas do supermercado e em aparelhos de CD e DVD, assim como em sistemas mais sofisticados, a exemplo do dispositivo de controle e automação industrial, das comunicações ópticas em telefonia, na medicina (diagnóstico, cirurgia, oftalmologia, odontologia, entre outros), na indústria automobilística e metalúrgica (tratamento de superfície, corte, soldas, fusão etc.), em instrumentação e metrologia óptica (ensaios não destrutivos de análise de superfícies, dispositivos e sensores) e em bioengenharia (diagnósticos, processamento e manipulação de materiais biológicos etc.). Além disso, os *lasers* têm sido amplamente estudados em seus aspectos fundamentais.

► Objetivos

Por meio de experimentos de difração, observar o padrão de interferência de um fio de cabelo e determinar sua espessura. Observar o padrão de interferência de um sistema de múltiplas fendas. Determinar a distância entre duas trilhas de um CD e/ou DVD.

► Parte experimental

Materiais

- Cortinas ou cartolinas pretas para escurecer o ambiente
- Lápis
- Papel milimetrado
- Trena
- Fonte *laser*, Classe I, $\lambda \sim 655$ nm e P ~ 1 mW
- CD transparente
- DVD transparente
- Lâminas de vidro
- Luvas descartáveis
- Suporte (porta-recados)
- Fio de cabelo (de um dos integrantes do grupo)

Procedimento

CUIDADO! *Não incida a luz do laser no olho, pois ela é muito intensa e pode causar danos irreversíveis à visão.*

PARTE A – Determinação da espessura do fio de cabelo

Quando uma onda plana de um feixe *laser* de comprimento de onda incide sobre uma superfície contendo uma fenda retangular de pequena largura *d*, um padrão de interferência pode ser observado em um anteparo posicionado a uma distância *L* da fenda (Figura 6.2). Observamos que,

em torno do centro do anteparo, forma-se uma região clara (máximo principal), seguida de regiões escuras simétricas em relação ao centro (mínimos), depois novamente regiões claras (máximos secundários), e assim por diante. Quando a fenda é substituída por um anteparo, a situação é análoga,[7] devido ao princípio de Babinet. Feitas as aproximações necessárias, a equação de difração é dada por:

$$d\,sen\theta = n\lambda \tag{1}$$

Onde n=1,2,... corresponde aos mínimos de difração. Se n=1, referimo-nos à primeira interferência destrutiva cuja distância do ponto central do padrão de interferência vale $\Delta\chi_1$ (veja Figura 6.2).

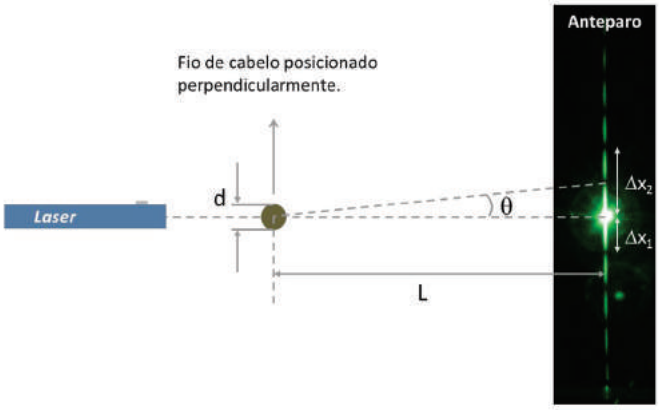


Figura 6.2 – Diagrama esquemático da montagem do experimento de difração do fio de cabelo. Note que as devidas proporções não são mantidas

Na situação em que $L >> d$ (leia-se "L é muito maior que d", significando isso tipicamente duas ordens de grandeza maior) e $L >> \Delta\chi_1$ podemos fazer as aproximações:

$$\sin\theta \approx \frac{\Delta x_1}{L} \tag{2}$$

e a equação para a determinação da espessura do fio de cabelo fica:

$$d = \frac{n\lambda L}{\Delta x_1} \tag{3}$$

Para este experimento, o ambiente deve ser parcialmente escurecido. Em seguida:

- Monte o experimento conforme a Figura 6.2;

[7] Pode parecer estranho, mas essa questão está intimamente ligada com a aparente contradição apontada por Poisson em sua disputa com Fresnel. Essa contradição não existe de fato. Um processo interferométrico envolve dois ou mais centros de espalhamento (difração). Como pode uma única fenda (ou anteparo) gerar um padrão de difração? Isso pode ser explicado quando se considera que centros espalhadores são formados por descontinuidades do meio. Nesse sentido, as bordas de uma fenda com largura "d" podem ser consideradas como dois centros espalhadores com distância "d". De forma análoga, na montagem da Figura 6.2, as bordas diametralmente opostas do cabelo podem agir como dois centros espalhadores separados por uma distância "d".

- Observe a projeção da luz sobre o anteparo e verifique se ocorrem franjas no anteparo, isto é, máximos e mínimos de luminosidade;
- Com a trena, meça as distância (L) entre o anteparo e o fio de cabelo;
- Meça cuidadosamente a distância entre o centro do máximo central e o primeiro mínimo do padrão de difração ($\Delta\chi_1$, onde n=1, então $\Delta\chi_1$), repita essa medida várias vezes (pode-se utilizar papel milimetrado);
- Efetue os cálculos e determine a espessura do fio de cabelo. Estime uma incerteza;
- Repita o experimento utilizando outro fio de cabelo, de preferência de outro membro do grupo, com características diferentes.

(Espaço revervado para anotações e cálculos)

PARTE B – Determinação da distância entre duas trilhas nas mídias CD e DVD

A rede de difração é um dispositivo com um grande número de linhas, ou fendas, igualmente espaçadas. Se uma onda plana de luz incide normalmente numa rede, a figura de interferência num anteparo se deve a um grande número de fontes igualmente espaçadas (cada fenda gera um feixe difratado). Os máximos de interferência são dados por $d\,sen\theta = n\lambda$, $n = 0,1,2,...$ onde d corresponde ao espaçamento das fendas.

Para este experimento, o ambiente deve ser parcialmente escurecido. Em seguida:

- Com uma tesoura, corte uma seção do CD ou DVD e retire a proteção metálica, utilizando uma fita adesiva, de modo a obter uma rede de transmissão;
- Monte o experimento conforme a Figura 6.2, substituindo o fio de cabelo pela mídia;
- Proceda de forma análoga à parte A.

(Espaço revervado para anotações e cálculos)

► Referências

HOUSER B. Demonstrating the decreased wavelenght of light in water. *The Physics Teacher*, v. 39, n. 4., p. 228-229, 2001.

MURAMATSU, M.; SILVA, F. C.; SHINOMIYA, G. K. *Apostila de óptica básica*. São Paulo: IFUSP, 2000.

TOMAZELLO, M. G. C.; SCHIEL, D. (Org.). *O livro da Experimentoteca*. São Paulo: CDCC – USP, 1998.

TIPLER, P. *Física – Volume 4*: ótica e física moderna. São Paulo: LTC, 2000.

UETA, N. (Org.) et al. *Apostila de Laboratório de Física 4*. São Paulo: IFUSP, 1992.

► Questionário

1. Qual é a espessura típica de um fio de cabelo medida por você? Houve variação nas medidas com cabelos com características diferentes? Compare com o que é reportado na literatura.

2. Qual é a distância entre as trilhas gravadas em um CD? E em um DVD? Essa informação está de acordo com a densidade de dados gravada em cada uma dessas mídias?

3. O que é o princípio de Babinet e onde ele se insere na compreensão do experimento?

4. Demonstre a equação 3 desse roteiro, justificando as aproximações necessárias com o auxílio de desenhos esquemáticos.

5. Os resultados do experimento indicam que a luz é uma onda ou uma partícula? Justifique.

Experimento 7

CONVERSÃO DE ENERGIA – PILHAS

Relevância

Os conceitos de conservação e conversão de energia são abordados neste experimento. Muitos dos materiais utilizados são comuns ao nosso dia a dia, como limões, pregos e papel-alumínio, aproximando o aluno dos fenômenos de células eletrolíticas. O experimento também estimula o aluno a compreender conceitos fundamentais em circuitos elétricos, como tensão e corrente elétrica.

Materiais utilizados

- 1 pilha comum e uma bateria de 9 V
- 4 béqueres de 50 mL e 1 de 25 mL
- Ácido clorídrico (1,0 mol.L^{-1})
- Bastão de vidro
- Papel de filtro qualitativo
- 1 multímetro
- 1 pisseta com água destilada
- Fios e "jacarés" para conexão
- Balança analítica
- Vidro de relógio
- Outros materiais encontrados em casa, como limões, papel-alumínio, prego, faca de serra, pilhas velhas etc.

Áreas envolvidas

- Eletroquímica
- Circuitos elétricos
- Noções intuitivas de técnicas de medição

▸ Introdução

A eletroquímica relaciona reações químicas e fenômenos elétricos. As reações eletroquímicas envolvem transferência de elétrons entre dois elementos de um dispositivo, a saber, um cátodo e um ânodo. Essas reações podem ser espontâneas ou não.

No fenômeno da corrosão ou em uma pilha – também chamada célula galvânica –, ocorre troca de elétrons espontaneamente entre os eletrodos. Pode-se perceber, portanto, que, no caso da pilha, a energia química é transformada em energia elétrica. Em um fenômeno não espontâneo, no qual é necessário fornecer energia elétrica para que ocorra a transferência de elétrons (neste caso, a energia elétrica transforma-se em energia química), tem-se uma célula eletrolítica. A eletrólise, processo no qual um composto é separado em seus elementos utilizando eletricidade, é um bom exemplo desse fenômeno.

Como é necessário distinguir entre esses fenômenos, o espontâneo e o não espontâneo, os polos, cátodo e ânodo, são invertidos, quando se trata de uma célula galvânica ou célula eletrolítica, como é mostrado na Figura 7.1. Contudo, por convenção, no ânodo sempre ocorrerá o fenômeno da oxidação (perda de elétrons) e no cátodo sempre ocorrerá o fenômeno da redução (recebimento de elétrons).

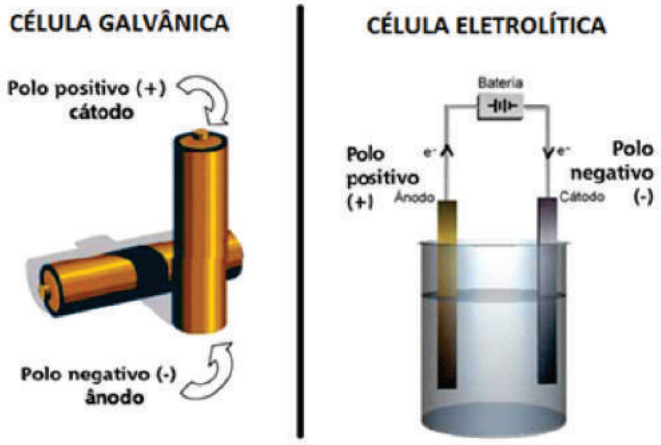


Figura 7.1 – Convenções de polaridades para uma célula galvânica e uma célula eletrolítica

Vamos nos deter, em primeiro lugar, a estudar as pilhas comerciais. A Tabela 7.1 apresenta algumas reações eletroquímicas que podem ser utilizadas para a fabricação de uma pilha.

Tabela 7.1 – Algumas reações eletroquímicas convencionais e respectivos potenciais totais

Tipo de pilha	Reações eletroquímicas	E (V)
Pilha Alcalina	$Zn^0 + 2OH^- \rightarrow ZnO + H_2O + 2e^-$ $2MnO_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3 + 2OH^-$	1,5
Pilha de Zn/Cu	$Zn^0 \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu^0$	1,1
Pilha de Hg	$Zn + 2OH^- \rightarrow ZnO + H_2O + 2e^-$ $HgO + H_2O + 2e^- \rightarrow Hg^0 + 2OH^-$	1,5
Pilha de Li	$2Li^0 \rightarrow 2Li^+ + 2e^-$ $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$	2,8

Pelas reações apresentadas na tabela, é possível observar que a maioria desses dispositivos eletroquímicos emprega substâncias altamente tóxicas. Dessa forma, baterias de telefones celulares, calculadoras, filmadoras, entre outras, não devem ser jogadas no lixo comum. A Figura 7.2 apresenta um esquema de uma pilha comum. Os eletrodos nesta pilha são o zinco e o óxido de manganês (MnO_2).

Figura 7.2 – Representação esquemática de uma pilha simples

Neste experimento, faremos uso de um multímetro, que é um instrumento capaz de medir os principais parâmetros elétricos envolvidos nas reações que ocorrem na pilha:

- Corrente elétrica, que pode ser medida na função de amperímetro (em Ampère, A);
- Tensão elétrica, que pode ser medida na função voltímetro (dada em Volts, V);
- Resistência elétrica, na função ohmímetro (com unidade Ohms, Ω).

Em todos os multímetros, há uma chave seletora que configura o equipamento para medir a grandeza que se queira. A Figura 7.3 apresenta o desenho de um multímetro digital simples, destacando as funções da chave seletora das funções disponíveis. Dependendo da grandeza a ser medida, além de observar a posição da chave seletora, é necessário efetuar uma correta ligação do equipamento.

Figura 7.3 – Representação esquemática de um multímetro e suas funções

▸ Objetivo

O estudo visa identificar parâmetros elétricos simples, como tensão e corrente, e associá-los a fenômenos de conversão de energia. Também, visa conhecer algumas reações eletroquímicas espontâneas, utilizando materiais obtidos de uma pilha comum, e estudar os fenômenos de eletrólise através de eletrodeposição de cobre em aço.

▸ Parte experimental

Materiais

- 1 pilha comum e uma bateria de 9 V (ou carregador de celular)
- Luvas descartáveis
- Alicate, tesoura e espátula, todos de ponta fina
- Faca de serra
- 4 béqueres de 50 mL
- 1 béquer de 25 mL
- Bastão de vidro
- Bacia e escova
- Funil pequeno
- Papel de filtro qualitativo
- Ácido clorídrico (1,0 $mol.L^{-1}$)
- 2 limões
- 1 multímetro
- 1 pisseta com água destilada
- 1 placa (cerca de 2 cm x 5 cm) de cobre e um prego de aço
- Papel-alumínio
- Calculadora que funcione a uma pilha AA
- Fios e "jacarés" para conexão
- Balança analítica
- Cronômetro
- Vidro de relógio

PARTE A – Eletrodeposição de cobre em aço (célula eletrolítica)

1. Lixe cuidadosamente a placa de cobre e o prego, para eliminar o depósito de óxido de suas superfícies;
2. Elimine as partículas de poeira da superfície da placa de cobre e do prego de aço com papel toalha (atenção: o papel circular disponível na bancada é um filtro, não é um papel toalha, e será utilizado na Parte B do experimento);
3. Determine as massas da placa de cobre e do prego de aço, utilizando uma balança analítica;
4. Com um multímetro, determine a tensão (V) da fonte disponível (carregador de celular ou bateria de 9 V), identificando os polos positivo e negativo;

5. Num béquer de 50 mL, adicione cerca de 25 mL de ácido clorídrico (1,0 mol.L^{-1}). A transferência da solução deve ser feita com cuidado, para evitar acidentes e desperdício de material;
6. Conecte o prego de aço no polo negativo da fonte de tensão e o mergulhe no béquer (tomando cuidado para que o "jacaré" não entre em contato com a solução);
7. Mergulhe a placa de cobre na solução e conecte no polo COM do multímetro. Mantenha os eletrodos de cobre e aço afastados dentro da solução para evitar curto-circuito;
8. Ajuste o multímetro para a medida de corrente direta. Conecte o cabo de prova vermelho ao polo A do multímetro;
9. Dispare o cronômetro ao mesmo tempo que conecta o multímetro ao polo positivo da fonte de tensão – registre a corrente inicial;
10. Anote a medida de corrente elétrica a cada 15 segundos durante o primeiro minuto de experimento e a cada 30 segundos em seguida. Enquanto isso, observe o que acontece com a solução e com os eletrodos;
11. Após 15 minutos do início da reação, interrompa a corrente elétrica, desconectando os cabos da fonte de tensão;
12. Coloque os eletrodos de aço e cobre em um "vidro de relógio" e leve à estufa para secagem;
13. Determine novamente as massas da placa de cobre e do prego de aço, utilizando a balança analítica.

PARTE B – Aproveitamento dos materiais de uma pilha comum

CUIDADO! *Esta etapa deve ser realizada utilizando-se, além do avental, luvas e óculos de segurança.*

1. Retire a capa metálica (ou plástica) que recobre a pilha comum utilizando um alicate, de forma que os contatos da pilha poderão ser retirados facilmente. Observe que a "carcaça" da pilha é um cilindro, que é constituído de zinco metálico;
2. Retire a borda plástica e cuidadosamente a tampa de metal;
3. Com o alicate, retire cuidadosamente o bastão de grafite que está no centro do cilindro e o lave com água destilada. Note que o metal do cilindro é mole, o que vai facilitar o trabalho de remoção;
4. Corte com a faca (COM CUIDADO!) o fundo do cilindro metálico, de forma que as duas extremidades fiquem abertas (cilindro oco);
5. Recolha a pasta escura com um bastão de vidro e coloque-a no béquer de 25 mL. Adicione cerca de 10 mL de água destilada e misture com o mesmo bastão de vidro. Esta etapa tem o objetivo de solubilizar o cloreto de amônio, que é o eletrólito da pilha;
6. Filtre a mistura, utilizando o papel de filtro, recolhendo a solução e guardando o sólido (composto por uma mistura de óxidos de manganês). Para transferir o sólido restante no béquer, lave com mais 10 mL de água destilada e transfira para o funil. Guarde a solução;
7. Lave bem o cilindro oco de zinco metálico com uma escova, para retirar o excesso de pasta eletrolítica, e amasse o cilindro de modo a formar uma placa retangular (tome cuidado com a extremidade cortante).

PARTE C – Construção de pilhas (células galvânicas)

Nesta etapa, serão montadas diferentes pilhas utilizando-se eletrodos de alumínio, zinco e grafite. Corte uma tira de aproximadamente 4 cm de papel alumínio e a dobre, de forma a obter um retângulo de 1 x 7 cm.

O primeiro teste será realizado com o limão.

1. Amasse o limão para liberar o suco em seu interior e faça dois pequenos cortes com uma faca;

2. Introduza uma parte do alumínio num corte e o bastão de grafite (retirado da pilha) no outro. Conecte esse sistema a um multímetro e meça a tensão da pilha;
3. Conecte os fios na pilha que você montou a uma calculadora (ou outro equipamento que funcione com uma pilha AA) e verifique se é possível ligar o equipamento;
4. Retire os eletrodos do limão, lavando-os com água destilada;
5. Dilua o líquido obtido na filtração da Parte B do item 6, que contém cloreto de amônio retirado da pilha comum, para o volume de 40 mL;
6. Insira a solução em um béquer, mergulhando em seguida os eletrodos de alumínio e grafite. Leia a tensão e tente ligar a calculadora com esta nova pilha;
7. Insira 40 mL de ácido clorídrico 1,0 mol.L^{-1} em um béquer e mergulhe os eletrodos de alumínio e grafite. Meça a tensão e tente ligar a calculadora;
8. Repita todo o procedimento anterior, trocando o eletrodo de alumínio por zinco, retirado da pilha;
9. Escolha duas das seis pilhas montadas e as ligue em série e em paralelo, conforme explicações no anexo, verificando a diferença de potencial elétrico (ddp) obtido.

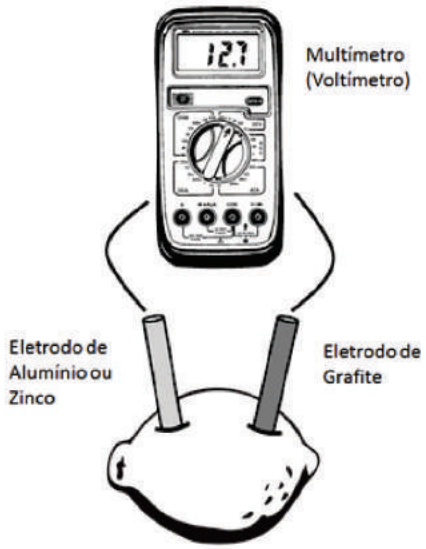


Figura 7.4 – Montagem da pilha de limão

▸ Referências

ATKINS, P. W. *Físico-Química*. 6. ed. São Paulo: LTC, 1997. v. 1.

CRUZ, R.; GALHARDO-FILHO, E. *Experimentos de química*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

HIOKA, N. et al. Pilhas de Cu/Mg construídas com material de fácil obtenção. *Química Nova na Escola*, n. 11, p. 40-44, 2000.

MAHAN, B. M.; MYERS, R. J. *Química, um curso universitário*. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1995.

SWARTKING, D. J., MORGAN, C. Lemon cells revisited: the lemon-powered calculator. *J. Chem. Educ.*, v. 75, n. 2, p. 181, 1998. Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/eletrolise/mov_ions_eletrolise_dos_acidos_base_sais/>. Acesso em: 14 maio 2007.

► Questionário

PARTE A

1. Descreva o que você observou durante a reação no eletrodo de aço, no eletrodo de cobre e na própria solução.

2. Qual a massa depositada no eletrodo de aço? E a massa perdida no eletrodo de cobre?

3. Faça um gráfico da corrente elétrica (em ampères, A) medida em função do tempo (em segundos, s).

4. Através da corrente elétrica e do tempo decorrido, como você determinaria a carga elétrica total Q (em coulombs, C) transferida entre os eletrodos se (a) a corrente fosse constante e se (b) a corrente variasse com o tempo? Dica: $1A = 1\ C \times s^{-1}$

5. Considere que a corrente elétrica é resultado da transferência de íons Cu^{2+} do eletrodo de cobre para o de aço, através da solução eletrolítica. Como você relacionaria a carga elétrica total (Q) transferida com a massa perdida no eletrodo de cobre? Dica: pesquise a equação da lei de Faraday da eletrólise.

6. A variação de massa foi idêntica em ambos os eletrodos? Em caso contrário, como você explicaria essa diferença? Compare com a previsão feita no item anterior.

7. Faça um resumo com os dados e resultados obtidos no experimento.

8. Quais conclusões podem ser obtidas desse experimento?

PARTES B E C

9. O que é um eletrólito? Cite alguns componentes do limão que podem agir como eletrólitos.

10. Quais pilhas forneceram energia suficiente para ligar a calculadora?

11. O tamanho da pilha influencia no valor do potencial de oxirredução?

12. Qual o papel do grafite nos experimentos realizados?

Anexo 1 – Pilhas em série e em paralelo

Quando várias pilhas são ligadas em série, constituindo uma bateria, a tensão total é igual à soma da tensão em casa uma das pilhas separadamente. Assim, por exemplo, quatro pilhas de 1,5 V em série fornecem uma tensão total de 6 V. Quando as pilhas são colocadas em série, o terminal positivo de uma pilha é ligado ao terminal negativo da pilha seguinte. A corrente que passa através da bateria formada por pilhas em série é a mesma que passa por uma única pilha, porque a mesma corrente passa por todas as pilhas em série.

Para se obter uma corrente maior, a bateria é formada por pilhas em paralelo. Quando as pilhas são dispostas dessa forma, todos os terminais positivos são ligados juntos e todos os terminais negativos também são ligados ao mesmo ponto. Qualquer ponto do lado positivo pode ser considerado como um terminal positivo da bateria, bem como qualquer ponto do lado negativo pode ser o terminal negativo.

A tensão total de uma bateria formada por quatro pilhas em paralelo é a mesma que a de uma única pilha, mas a corrente disponível é quatro vezes a fornecida por uma única pilha. A associação em paralelo produz o mesmo efeito de se aumentar as dimensões dos eletrodos e a quantidade do eletrólito numa única pilha, o que aumenta a capacidade de produzir corrente. Se tivermos pilhas idênticas ligadas em paralelo, todas contribuirão igualmente para a corrente de carga. Por exemplo, no caso de quatro pilhas idênticas em paralelo produzindo uma corrente de carga de 360 mA, cada pilha contribui com 90 mA.

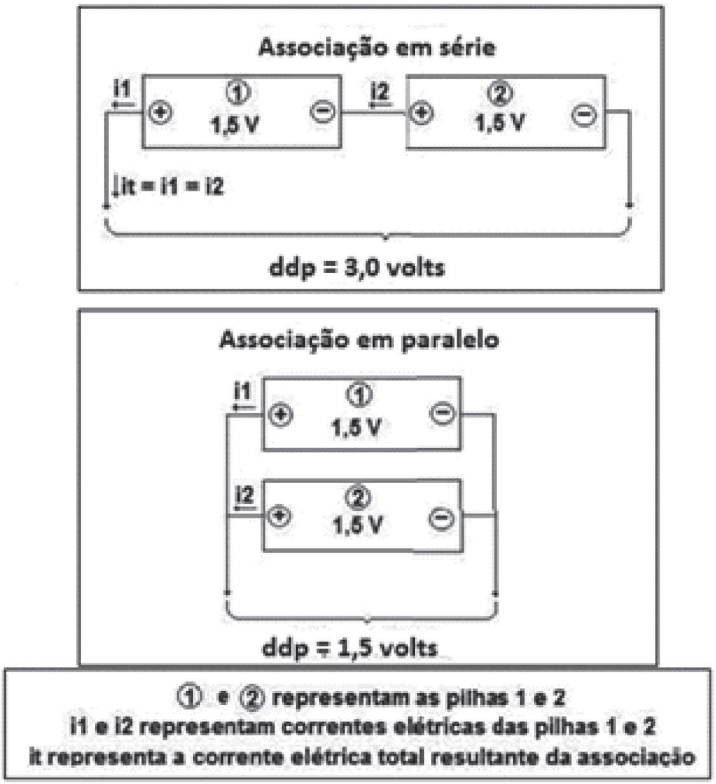


Figura 1 – Diagrama esquemático de pilhas em série e em paralelo

Experimento 8

DETERMINAÇÃO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE USANDO UM PÊNDULO SIMPLES

Relevância

O material utilizado para esse experimento é acessível e deve ser providenciado pelos próprios alunos. Por isso, além de exigir preparação estratégica mais elaborada do grupo de alunos, o experimento também abre espaço para uma gama maior de resultados possíveis, proporcionando amplas oportunidades pedagógicas. Esse experimento também evidencia as limitações dos modelos físicos adotados para descrever os fenômenos.

Material Utilizado

- Fio (ou linha)
- Massa (objeto maciço)
- Fita adesiva
- Fita métrica ou trena
- Cronômetro
- Transferidor

Áreas envolvidas

- Elaboração de estratégias experimentais
- Técnicas de medição
- Física

► Introdução

O pêndulo simples é um sistema de estudo clássico em física e engenharia. Trata-se de um sistema de fácil montagem onde é possível estudar vários aspectos do movimento oscilatório. O modelo matemático usado para descrever o movimento do pêndulo também serve para descrever outros fenômenos ondulatórios como som, luz, sistemas mecânicos ressonantes (estruturas), circuitos elétricos oscilantes (formados por resistores, capacitores e indutores) etc. O entendimento e aplicação destes conceitos geram desenvolvimentos importantes em áreas variadas tais como processadores digitais, telecomunicações, sistemas de amortecimento automotivo e edificações.

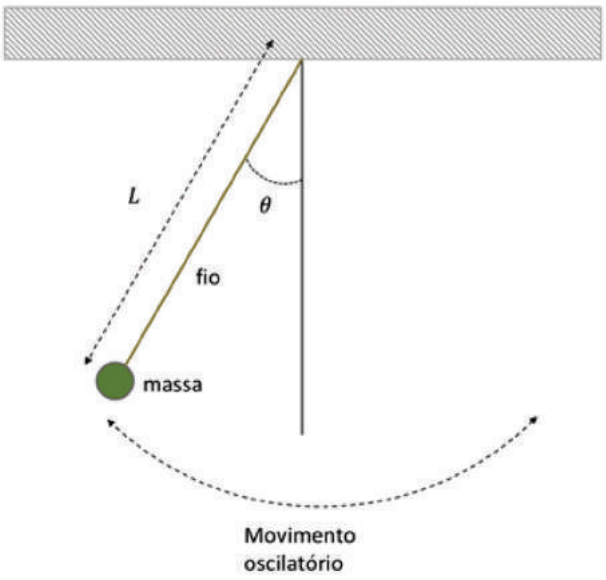


Figura 8.1 – Diagrama esquemático de um pêndulo simples.

Os cientistas modernos em geral, ao observarem o pêndulo, o enxergam como um sistema oscilatório que apresenta uma transformação cíclica de energia, transformando energia potencial gravitacional em energia cinética e vice-versa repetidas vezes. Mas nem sempre o pêndulo foi observado dessa forma. Os gregos tinham a visão de mundo baseada nos quatro elementos fundamentais: terra, água, fogo e ar. Nesse modelo, os semelhantes se atraem e isso explicaria vários fenômenos naturais tais como o fluxo dos rios até o mar, a queda de objetos sólidos e a ascendência dos gases exalados por uma fogueira. Nesse contexto, Aristóteles enxergava o pêndulo como um artefato construído de forma a apresentar um processo de queda frustrada. A massa tende ao seu lugar natural, que é o ponto mais próximo do solo (o ponto de altura mínima). Quando removida desse ponto mínimo, a massa tende a voltar, resultando no movimento característico do pêndulo. Note que, quando o sistema é deixado por si, o movimento cessa e a massa atinge o seu estado natural.

É atribuído a Galileu o fato de ser o primeiro a perceber o pêndulo como um sistema essencialmente oscilatório, cujo comportamento depende de parâmetros básicos mínimos. Esta é uma passagem notória da história da ciência, quando ele fez observações no movimento dos candelabros da catedral de Pisa, na Itália em 1602. Por apresentar uma frequência muito bem determinada, ele apreciou o pêndulo como um dispositivo para medir a passagem do tempo e até propôs um relógio

baseado no princípio. O relógio de pêndulo foi patenteado poucos anos depois por Christiaan Huygens. Até 1929, a hora oficial dos Estados Unidos era determinada por um relógio de pêndulo, ou seja, por quase 300 anos, o pêndulo reinou absoluto como a tecnologia mais confiável para a marcação do tempo.

Apesar de toda a perspicácia das observações de Galileu, ele não poderia enxergar no movimento do pêndulo a conversão de energia potencial gravitacional em energia cinética. Isso porque o conceito de energia como entendemos hoje se consolidou somente bem mais tarde, ao final do séc. XIX e início do séc. XX devido aos trabalhos realizados no âmbito da termodinâmica por cientistas como Mayer, Kelvin, Joule, Clausius e outros.

Os distintos pontos de vista de Aristóteles, Galileu e do "cientista atual" revelam como um fenômeno simples pode ser compreendido a partir de arcabouços teóricos distintos. Há que se evitar o anacronismo e julgar o modelo atual "superior" aos outros. Todos os modelos tinham (ou tem) poder explicativo satisfatório para sua época. Por outro lado, não há agravo em apreciar a riqueza conceitual da racionalidade humana ao compreender os fenômenos da natureza ao longo de sua história.

Nesse experimento focaremos nos aspectos oscilatórios do movimento pendular que o qualifica como um ótimo marcador de tempo e gravímetro (instrumento para medir a aceleração da gravidade). Quando não se considera as oscilações amplas, pode-se construir um modelo analítico simples para o comportamento do pêndulo simples. Não demonstraremos essa solução analítica neste roteiro, pois isso foge dos objetivos de nossa atividade experimental. Mas é importante salientar que essa solução analítica depende de uma aproximação que é expressa matematicamente da forma:

$$\sin\theta \cong \theta \tag{8.1}$$

Ou seja, durante todo seu movimento, a inclinação do pêndulo (Fig. 8.1) não pode exceder o regime onde essa aproximação é válida. Note que a Eq. 8.1 faz sentido utilizando-se as unidades de ângulos em radianos que são as unidades "naturais" da trigonometria (esse aspecto é tratado como atividade a seguir na Tabela 8.1). Respeitando esse regime, o modelo descreve uma relação entre o tempo que o pêndulo leva para realizar uma oscilação completa, que é denominado período de oscilação (T), o comprimento do pêndulo (L) e a aceleração da gravidade (g).

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \tag{8.2}$$

Vemos que o comportamento oscilatório depende de poucos parâmetros e, da mesma forma que a aceleração de um corpo em queda livre, o período de oscilação do pêndulo não depende da massa.

Rearranjando os termos da Eq. 8.1, temos:

$$g = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 L \tag{8.3}$$

Por simplicidade, na maioria dos casos a aceleração da gravidade é tratada como uma constante. Porém a Terra não é homogênea e se movimenta no espaço translacionalmente e rotacionalmente.

Isso faz com que o valor de g dependa da posição geográfica (latitude e altitude principalmente) podendo variar de 9.78 a 9,83 m/s^2.

▸ Objetivo

Testar a validade da utilização do pêndulo simples como instrumento de medição de grandezas físicas como o tempo e a aceleração da gravidade. Avaliar os limites do uso da técnica.

▸ Parte Experimental

Materiais

- Fio (linha de costura ou de pesca, barbante ou material análogo – evitar materiais que apresentem elasticidade ou maior resistência ao ar quando em movimento)
- Massa (qualquer objeto compacto com massa considerável que possa ser amarrado ao fio)
- Fita adesiva
- Fita métrica ou trena
- Cronômetro
- Transferidor

IMPORTANTE: Cada grupo é responsável por trazer todos os materiais necessários para o experimento. Faz parte da estratégia do grupo a escolha dos materiais, principalmente no que se refere à massa e ao fio. É prudente que o grupo tenha opções.

Procedimento

Como vimos na introdução, o cálculo do período do pêndulo expresso na Eq. 8.2 está condicionado a uma aproximação que considera o valor numérico do seno de um ângulo igual ao próprio ângulo (Eq. 8.1). Vamos avaliar em que regime isso é válido preenchendo a tabela 8.1

Tabela 8.1 – Relação dos valores de determinados ângulos e seus respectivos senos.

Ângulo em graus	Ângulo em radianos	Seno do ângulo
5°		
10°		
15°		
20°		
25°		
30°		
35°		
40°		
45°		
50°		

Com base nos valores da tabela 8.1 decida com seus colegas de grupo o intervalo de ângulo em que se pode considerar a aproximação válida.

Agora verificaremos o comportamento do período de oscilação (*T*) do pêndulo em função de seu comprimento (*L*). Selecione um local para servir de suporte para o pêndulo de seu grupo. Isso pode requerer improvisação por parte do grupo e o local adequado pode estar até mesmo fora do recinto. Peça auxílio de seu professor se necessário. Elabore uma estratégia para que pêndulos com diferentes comprimentos, idealmente variando de alguns centímetros até alguns metros, sejam experimentados. Determine o período de oscilação para cada comprimento adotado e anote na tabela 8.2. A partir da Eq. 8.3 calcule o valor da aceleração da gravidade.

OBSERVAÇÃO: para minimizar erros de medida, em geral medimos o tempo de 10 oscilações completas para depois dividirmos o valor por 10.

Tabela 8.2 – Relação do período de oscilação com o comprimento do pêndulo e o respectivo cálculo da aceleração da gravidade.

(m)	10 T (s) – medida 1	10 T (s) – medida 2	10 T (s) – medida 3	T (s) Média/10	g (m/s²) da Eq. 8.3

Ângulo θ usado para as medidas da tabela 8.2 =

Represente graficamente o comportamento de *T* em função de *L*. Esse gráfico se refere ao comportamento ideal expresso na Eq. 8.2.

(espaço reservado para gráfico *T*x*L*)

Represente graficamente o comportamento de *g* em função de *L*. Esse gráfico se refere ao comportamento ideal expresso na Eq. 8.3.

(espaço reservado para gráfico *g*x*L*)

Note que, segundo as Eqs. 8.2 e 8.3, tanto o período de oscilação do pêndulo quanto a expressão para o cálculo da aceleração da gravidade independem do ângulo. Porém isso é decorrente da

aproximação expressa na Eq. 8.1. Agora verificaremos o regime em que essa aproximação não é válida e esse fato é fortemente relacionado com a Tabela 8.1. Para isso determinaremos o comportamento do período de oscilação com o ângulo. Juntamente com seu grupo, defina um comprimento L confortável para essa tarefa, realize as medições e complete a tabela 8.3.

OBSERVAÇÃO: para os procedimentos experimentais envolvidos na tabela 8.2 foram medidos o tempo de 10 oscilações. O grupo deve decidir quantas oscilações são necessárias para os melhores resultados dessa etapa do experimento relacionada à tabela 8.3. Não necessariamente são 10 oscilações.

Tabela 8.3 – Relação do período de oscilação com o ângulo máximo de oscilação e o respectivo cálculo da aceleração da gravidade.

Ângulo (graus)	( )T (s) Medida 1	( )T (s) Medida 2	( )T (s) Medida 3	T (s) Média/( )	g (m/s²)

Comprimento *L* utilizado para as medidas da tabela 8.3 =

Represente graficamente o comportamento de *g* em função de θ.

► Questionário

1. Quais são as principais fontes de erros e incertezas de medida para este experimento.

2. A escolha do material utilizado pelo seu grupo foi adequada, principalmente no que se refere ao fio e a massa? Foi realizada a troca destes materiais, bem como a técnica de fixação na parte superior durante a execução do experimento? Justifique.

3. O gráfico do período do pêndulo em função de seu comprimento (*T*x*L*) é condizente com a Eq. 8.2? Justifique.

4. Baseado na experiência de seu grupo, a determinação da aceleração da gravidade é mais bem feita com um pêndulo de comprimento grande (longo) ou pequeno (curto)? Justifique.

5. O que ocorreu com o valor da aceleração da gravidade g quando este foi calculado a partir dos dados obtidos no regime de altos valores do ângulo θ? De acordo com a avaliação de seu grupo, qual é o valor máximo de θ para que a determinação de *g* seja válida?

6. De acordo com os dados obtidos pelo seu grupo, que valor você atribuiria à aceleração da gravidade aqui na região do ABC? Justifique.

7. Na opinião do seu grupo, o que justifica o pêndulo ter sido a tecnologia mais confiável para a marcação do tempo durante séculos?

FERMENTAÇÃO[1]

Relevância

Esse experimento pode ser realizado em uma sala de aula comum e o material utilizado é acessível. A fermentação, uma das reações químicas mais fundamentais da natureza, é trabalhada de forma quantitativa. A geometria é usada em uma técnica de medição volumétrica aproximada.

Material Utilizado

- 1 garrafa PET 500 mL com tampa
- 6 copos plásticos de 200 mL
- 6 balões de aniversário
- 1 xícara de chá de açúcar refinado (cerca de 150 g)
- 1/2 xícara de chá de sal de cozinha (cerca de 75 g)
- 4 sachês de fermento biológico (10 g cada)
- Água morna
- Fita métrica
- Linha de costura
- Colher de café
- Cronômetro

Áreas envolvidas

- Biologia
- Técnicas de medição e aproximação
- Geometria

[1] Este roteiro foi elaborado pelos profs. Juliana Casares Araújo Chaves e César Augusto João Ribeiro.

► Introdução

A glicose é uma importante molécula utilizada no metabolismo de diversos organismos para gerar energia. Em mamíferos, por exemplo, a glicose é o único combustível (fonte de energia) que as hemácias são capazes de utilizar. Na realidade, quase todos os organismos utilizam glicose e a maior parte deles processam esta molécula de forma semelhante. A primeira etapa da oxidação (processamento) da glicose é denominada glicólise ou via glicolítica. A glicólise foi a primeira via metabólica elucidada e é provavelmente a melhor compreendida. Na glicólise (do grego glykys: adocicado e, lysis: quebra, degradação), uma molécula de glicose ($C_6H_{12}O_6$) é degradada em uma série de reações catalisadas por enzimas para produzir duas moléculas de piruvato ($C_3H_4O_3$).

$$\text{Glicose} + 2NAD+ + 2ADP + 2\,Pi \longrightarrow 2 \text{ piruvato} + 2\,ATP + 2NADH$$

Durante as reações sequenciais da glicólise, uma parte da energia livre liberada da glicose é conservada na forma de duas moléculas de ATP, duas de NADH e duas de piruvato. O piruvato gerado pode ter dois destinos diferentes, que variam em termos de rendimento energético, dependendo da disponibilidade de oxigênio. Na presença de oxigênio, ela pode ser totalmente oxidada na fosforilação oxidativa, ou, em condições de pouco oxigênio (hipóxia), a glicose é parcialmente oxidada durante a fermentação láctica e fermentação alcoólica (Figura 1).

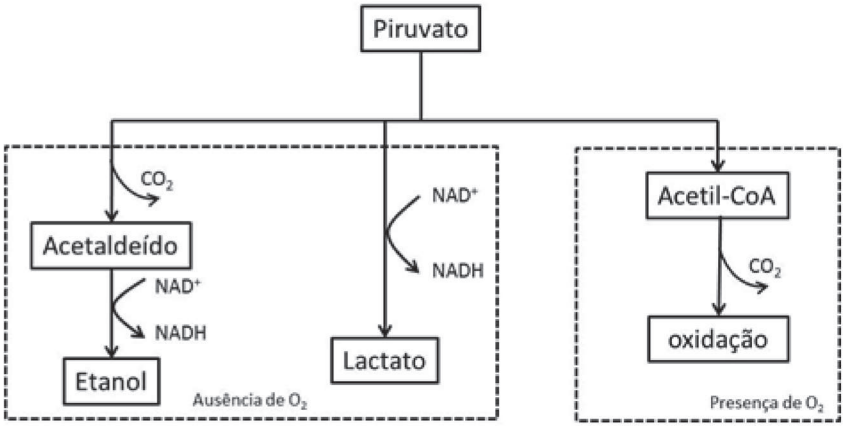


Figura 9.1 – Destinos do piruvato.

A fermentação é um termo geral para a degradação anaeróbica da glicose ou outros nutrientes orgânicos para obtenção de energia, conservada na forma de ATP. Considerando que os organismos vivos primordiais surgiram em uma atmosfera sem oxigênio, a degradação anaeróbica da glicose é provavelmente o mecanismo biológico mais antigo de obtenção de energia a partir de substratos orgânicos. Trata-se de um processo utilizado por diversos micro-organismos e algumas células de mamíferos, como as hemácias, as fibras musculares brancas e as fibras musculares vermelhas quando em contração vigorosa. No último caso, quando fibras vermelhas são submetidas a esforço intenso, o oxigênio transportado pelo sangue torna-se insuficiente para promover a oxidação da grande quantidade de NADH resultante do trabalho muscular, expondo a célula a uma situação de anaerobiose relativa.

Durante o processo, a glicose é inicialmente degradada a piruvato na glicólise e este por sua vez é metabolizado a vários compostos de acordo com o tipo de fermentação. Na fermentação láctica o piruvato é convertido a ácido láctico, enquanto na fermentação alcoólica o mesmo é convertido a etanol e dióxido de carbono (CO2). Apesar de ser um processo que ocorre na ausência de oxigênio, alguns organismos realizam esse metabolismo mesmo na presença de grandes concentrações de oxigênio, como é o caso da *Saccharomyces cerevisiae*, conhecida popularmente como levedura ou fermento biológico.

Saccharomyces cerevisiae é um fungo eucarioto unicelular utilizado como base para muitas indústrias na produção do pão e também da cerveja, além de ser usada para a produção de etanol. Essa levedura é utilizada como fermento biológico, por liberar dióxido de carbono, por exemplo, na massa de pão, fazendo-a crescer. No caso das bebidas alcoólicas produzidas pelo processo de fermentação, S. cerevisae converte o açúcar em etanol e também pode contribuir na formação de constituintes secundários responsáveis pelo sabor - é o caso da cerveja, rum e uísque. Além disso, é um organismo amplamente utilizado como modelo no estudo de Bioquímica, Genética e Biologia Celular de eucariotos devido à sua fácil manutenção em laboratório e largo conhecimento sobre ela adquirido.

Na produção de pães, o dióxido de carbono produzido durante a fermentação vai se acumulando dentro da massa e, se o glúten tiver a "força" adequada para retê-lo, esta vai se expandindo dada a sua elasticidade, podendo ficar com mais do que o dobro de seu volume inicial. Na fermentação, a massa do pão adquire aroma, sabor, textura e principalmente volume. Há três fatores que são fundamentais ao bom desempenho do fermento na panificação: quantidade de nutrientes, temperatura e umidade.

► Objetivo

Avaliar a eficiência de diferentes substratos de crescimento para *S. cerevisae* por meio da medida da produção de CO_2 no processo de fermentação. Avaliar a importância do uso de controles em experimentação.

► Parte Experimental

Materiais

- 1 garrafa PET 500 mL com tampa;
- 6 copos plásticos de 200 mL;
- 6 balões de aniversário;
- 1 xícara de chá de açúcar refinado (cerca de 150 gramas);
- 1/2 xícara de chá de sal de cozinha (cerca de 75 gramas);
- 4 sachês de fermento biológico seco instantâneo (10 gramas cada);
- Água da torneira morna (fornecida pelo professor);
- Fita métrica;
- Linha de costura;

- Colher de café;
- Cronômetro.

IMPORTANTE: Cada grupo é responsável por trazer todos os materiais necessários para o experimento, com exceção da água morna, que será disponibilizada pelo professor.

Procedimento

1) Identificar 5 copos e 5 balões conforme os grupos experimentais abaixo:
   A. Controle
   B. NaCl 1x
   C. Açúcar 1x
   D. Acúcar 5x
   E. Açúcar 10x

2) Adicionar aos copos os seguintes reagentes, conforme quadro abaixo. Para os reagentes secos, usar a tampa da garrafa PET como medida. Para a água, usar ½ copo de 200 ml como medida. Para assegurar que a mesma quantidade de água seja adicionada a cada item, faça uma marca com caneta aproximadamente no meio de um copo e o utilize como copo-medida.

Quadro 9.1 – Dados para preparação das soluções.

Grupos experimentais	Reagentes			
	NaCl	Açúcar	Fermento	Água
A. Controle	-	-	1 tampa	~100 mL
B. NaCl 1x	1 tampa	-	1 tampa	~100 mL
C. Açúcar 1x	-	1 tampa	1 tampa	~100 mL
D. Açúcar 5x	-	5 tampas	1 tampa	~100 mL
E. Açúcar 10x	-	10 tampas	1 tampa	~100 mL

3) Misturar o conteúdo de cada copo por 30 segundos com a colher.
4) Esticar e soprar os balões para torná-los mais maleáveis. Atenção para que todos os balões sejam inflados aproximadamente no mesmo tamanho.
5) Para adicionar o conteúdo de cada copo, utilize a garrafa PET. Adicione o líquido contido no copo à garrafa. Encaixe um balão na boca da garrafa. Inverta o sistema e use a garrafa como "bomba" para colocar o líquido dentro do balão. Uma vez que todo o líquido estiver dentro do balão, segure na borda do balão, retire-o da garrafa, retire todo o ar do balão e dê um nó. Repita o procedimento para cada item.

ATENÇÃO: lavar a garrafa entre uma transferência e outra. Muito cuidado para não estourar o balão. Caso algum balão estoure, use o balão reserva.

6) Para avaliar a produção de CO_2 entre os diferentes meios iremos estimar o volume do balão a cada 20 min, por 100 min (Tabela 2). Consideremos que o balão tem um formato elipsoide. Para estimar o volume, use a linha de costura e depois a fita métrica para medir o perímetro dos dois eixos do balão, como na Figura 2 e no Quadro 2.

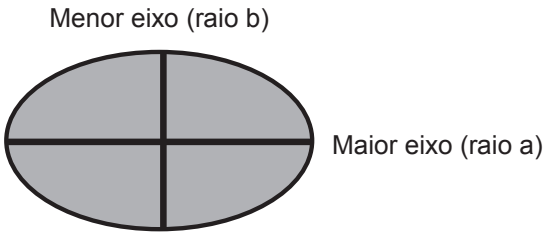


Figura 9.2 – Eixos para medida do perímetro

Tabela 9.2 – Perímetros dos balões ao longo do tempo.

Tempo	A. Controle		B. NaCl 1x		C. Açúcar 1x		D. Açúcar 5x		E. Açúcar 10x	
(min)	P(a)	P(b)	P(a)	P(b)	P(a)	P(b)	P(a)	P(b)	P(a)	P(b)
0										
20										
40										
60										
80										
100										

7) Estime os raios *a* e *b* utilizando os valores dos perímetros (*P*), a equação e o quadro abaixo:

$$P = 2\pi r \tag{9.1}$$

Tabela 9.3 – Raios dos balões ao longo do tempo.

Tempo	A. Controle		B. NaCl 1x		C. Açúcar 1x		D. Açúcar 5x		E. Açúcar 10x	
(min)	r(a)	r(b)	r(a)	r(b)	r(a)	r(b)	r(a)	r(b)	r(a)	r(b)
0										
20										
40										
60										
80										
100										

8) Calcule o volume dos balões utilizando a seguinte equação:

$$V = \frac{4}{3}\pi a b^2 \tag{9.2}$$

Tabela 9.4 – Volume dos balões ao longo do tempo.

Tempo (min)	A. Controle	B. NaCl 1x	C. Açúcar 1x	D. Açúcar 5x	E. Açúcar 10x
0					
20					
40					
60					
80					
100					

► Questionário

1. Represente graficamente o volume dos balões em função do tempo e descreva os resultados obtidos. Qual meio proporcionou o melhor substrato de crescimento? Justifique.

2. Qual a função do controle?

3. Elabore hipóteses para explicar os resultados observados para os balões A, B, C, D e E.

4. Quais os parâmetros poderiam ser otimizados para maximizar a produção de CO_2 pelas leveduras?

5. O que ocorreria se ao balão fosse adicionado ar em excesso juntamente com o meio contendo água, açúcar e levedura? Justifique.

TRABALHOS DE DESTAQUE NO SIMPÓSIO DE BECN

Na UFABC, além das atividades propostas nos roteiros deste livro, os alunos realizam um projeto final, conforme descrito no prefácio. Ao final do quadrimestre, os alunos apresentam os resultados na forma de um resumo expandido e de um pôster em um simpósio. Nas próximas páginas, apresentaremos trabalhos de destaque nos Simpósios de Base Experimental das Ciências Naturais realizados na UFABC. Os critérios para a escolha dos trabalhos foram: criatividade na escolha do tema, rigor na execução do trabalho, significância dos resultados obtidos e adequação à formatação exigida para a publicação na forma de resumo expandido.

Os resumos em inglês são referentes a turmas em que a disciplina Base Experimental das Ciências Naturais foi oferecida integralmente em inglês.

TERMÔMETRO TERMOELÉTRICO

Agatha Lopes, Bianca Rezende, Mariana Carvalho,
Raoan Oliveira e Thabata Provin
Professor: Jeroen Schoenmaker, CECS
***Campus* de Santo André**

Resumo

A temperatura é uma medida de extrema importância para análises científicas, pois ela dita a evolução de sistemas, por abordar os fenômenos físicos do ponto de vista macroscópico. Reproduzimos o efeito Seebeck para construir um termômetro termoelétrico e, com ele, medir a temperatura do entorno da chama da vela.

► Introdução

O efeito termoelétrico – ou efeito Seebeck – é a obtenção da energia elétrica a partir da energia térmica. Ele ocorre por meio da junção de dois fios condutores cujas extremidades são submetidas a temperaturas diferentes, desencadeando, assim, a difusão dos elétrons de uma ponta a outra, gerando uma diferença de potencial nas duas extremidades dos fios. Isso nos possibilita fazer uma análise da relação temperatura x tensão.

► Objetivo

Observar o efeito Seebeck e construir um termômetro termoelétrico através da tensão resultante nos fios condutores utilizados no experimento. Com o termômetro construído, determinaremos a temperatura do entorno da chama de uma vela.

► Metodologia

Na execução do experimento, juntamos as extremidades do fio de aço com os fios de cobre e submetemos as duas junções a temperaturas diferentes, com uma diferença inicial de 100°C. Imergirmos uma das junções num béquer que continha uma mistura de água e gelo e a outra em um béquer contendo água em ebulição acima de uma chapa de aquecimento, realizando o processamento necessário para obtenção do efeito Seebeck.

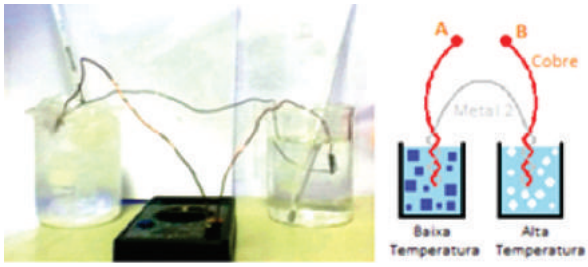


Figura 1 – Ilustração da imersão dos fios em água de diferente temperatura

Executamos esse mesmo processo utilizando outro par de fios condutores, compostos de estanho e cobre, para fins comparativos. Em ambos os processos, coletamos dados das temperaturas da água contida nos béqueres nos quais estavam os fios – utilizando um termômetro convencional – e, com um multímetro, medimos a diferença de potencial em conjunto com a variação de temperatura.

Posteriormente, realizamos o mesmo procedimento utilizando a chama de uma vela

como fonte de aquecimento – em vez do béquer com água quente –, a fim de obter o valor aproximado da temperatura da região do entorno da chama da vela – local onde foi submetida a junção do fio, aproximadamente 5 mm de distância da chama.

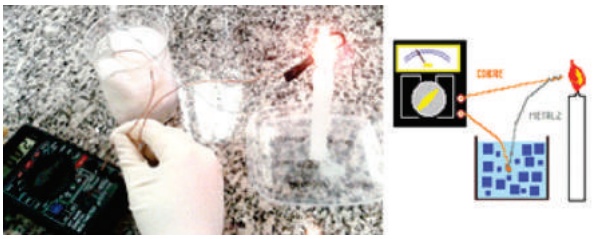


Figura 2 – Ilustração do aquecimento dos fios na vela

Os dados obtidos nas passagens anteriores nos ofereceram suporte para a criação de uma relação entre a temperatura e tensão, com a qual pudemos criar um termômetro termoelétrico e obter um valor aproximado do entorno da vela, a partir da extrapolação matemática dos dados em um gráfico.

▸ Resultados e discussão

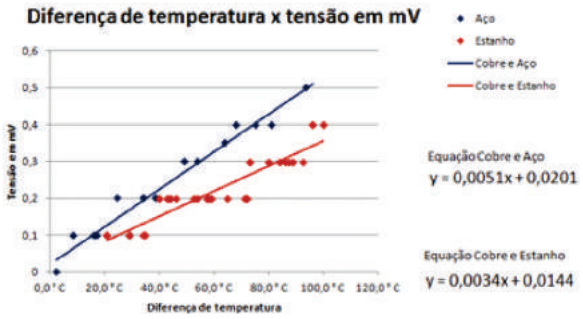


Figura 3 – Gráfico e equações relacionando diferença de temperatura e tensão em mV

Com a junção cobre e aço, encontramos a temperatura média de 102°C e, com a junção cobre e estanho, a temperatura média foi de 109°C.

O coeficiente Seebeck obtido através da junção cobre e aço foi 5 μV e, com a junção cobre e estanho, foi 3 μV.

▸ Conclusões

De acordo com pesquisas, a temperatura da chama da vela chega a 600°C, porém obtivemos um valor bem mais baixo, por medirmos o entorno da chama e não a chama em si. Concluímos que é possível obter energia elétrica a partir da energia térmica e aplicar o fenômeno na medição de temperatura.

▸ Referências

ANACLETO, A. M. da C. *Temperatura e sua medição*. 2007. 218 f. Dissertação (Mestrado em Física para o Ensino) – Universidade do Porto, Porto, 2007. Disponível em: <http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_000355002.pdf>.

CALOR da chama depende do material queimado. Disponível em: <http://super.abril.com.br/ciencia/calor-chama-depende-material-queimado-437427.shtml>.

EFEITO termoelétrico ou efeito Seebeck. Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/termo/efeito_termoeletrico/>.

ENERGIA elétrica de origem térmica. Disponível em: <http://www.seara.ufc.br/sugestoes/fisica/elet5.htm>.

▸ Agradecimentos

Agradecemos ao nosso professor Jeroen Schoenmaker, por todo o conhecimento que nos foi transmitido durante a realização do projeto, e aos técnicos de laboratório que nos auxiliaram sempre quando necessário.

ANÁLISE QUANTITATIVA DE GASES TÓXICOS PRESENTES EM DIFERENTES TIPOS DE FUMO

André Nunes, Bruno Dalmau, Bruno Neves, Celso Felipe Casaro, Edson Ishigaki, Fernando Almeida, Guilherme Ratautas, Henrique Moure, Murilo Braga, Nayuki Hara e Reinaldo Junior
Professor: Carlos Alberto-Silva, CCNH
***Campus* Santo André**

Resumo

Este projeto tem como principal intuito comparar a quantidade de partículas inaladas por diferentes fumantes de tabaco. Os experimentos foram feitos na capela do laboratório da universidade, utilizando um modelo que desenvolvemos para simular o ato da tragada e um sensor eletrônico MQ135 baseado em Arduíno, cujos dados foram mostrados em um computador. Foram analisados cinco tipos de fumo, observando-se a concentração máxima de gases nocivos e o tempo necessário para que essa concentração fosse atingida.

► Introdução

Atualmente, cerca de 14% da população brasileira é usuária de cigarro. O cigarro possui cerca 4.700 partículas tóxicas, incluindo alcatrão e nicotina (molécula carcinogênica que causa dependência), além da liberar uma grande quantidade de monóxido de carbono em sua queima. Esses dados foram a nossa maior motivação para realizar este trabalho, no qual podemos ressaltar os riscos de diversos tipos de fumo.

► Objetivo

O objetivo é reunir os principais tipos de fumo consumidos no Brasil, simular o seu uso e analisar a fumaça obtida, buscando identificar e quantificar as partículas ali presentes, as quais, em sua maioria, são prejudiciais à saúde.

► Metodologia

Primeiro, criamos um modelo que simula o pulmão humano. Para isso, utilizamos uma garrafa PET de 3 L com um orifício confeccionado para o encaixe do sensor próximo ao bocal da garrafa, acima do nível de água utilizado, e outro para o escoamento da água na parte inferior da mesma. A abertura para o escoamento foi controlada por uma tampa que permitiu o fluxo adequado de vazão. Os fumos foram adaptados a dois tipos de tampa, uma para cigarro e outra para narguilé. Para o cigarro, utilizou-se a própria tampa da garrafa, atravessada por uma ponteira para pipeta automática e, para o narguilé, foi confeccionada uma rolha de borracha perfurada e totalmente vedada.

O processo de captação da fumaça foi feito através da diminuição da pressão interna da garrafa, por meio do escoamento da água no seu interior, forçando a entrada de ar pelo único lugar não vedado, que era através do cigarro acoplado na parte superior, ou pela ponteira de fumo no caso do narguilé, evitando, assim, a sucção e perda de amostra por aparelhos elétricos de vácuo. Em todos os casos, o volume de água, e consequentemente o volume de fumaça obtida, foi de 2,25 L em pressão de 1 atm.

Para a quantificação das partículas na fumaça, usamos um sensor de qualidade do ar de modelo MQ135 e um computador para receber os dados. O MQ135 é sensível a uma ampla gama

de gases nocivos, como amoníaco, compostos aromáticos, enxofre, sulfeto, vapores de benzeno etc., em concentrações de 10 a 1.000 ppm.

O sensor era acoplado a um Arduíno, que foi programado para receber os dados do sensor e enviar para o computador exibir as concentrações e o tempo de execução.

A coleta dos dados foi realizada em capela do laboratório L602, na Universidade Federal do ABC.

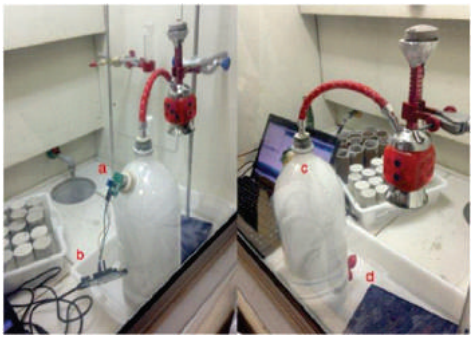


Figura 1 – Dispositivo usado durante a condução do experimento com narguilé na capela. a) Adaptação para o Sensor MQ135; b) Arduíno Uno; c) Adaptação para o narguilé; d) Tampa inferior por onde flui a água

▸ Resultados e discussão

O cigarro Camel apresentou a maior concentração de gases por litro. No entanto, no intervalo até em torno de 23 s, maior do que uma tragada média, de cerca de 1 a 4 s aspirando cerca de 30 a 40 mL, o cigarro Minister teve concentrações maiores (ver Figura 2). Se considerarmos, por hipótese, que as condições às quais os fumos foram submetidos durante o experimento foram praticamente as mesmas, ou seja, uma tragada padrão, então o Minister é o que fornece a maior quantidade dos gases e vapores analisados. O narguilé foi o fumo em que foram detectadas as menores quantidades dos gases nocivos analisados por tragada.

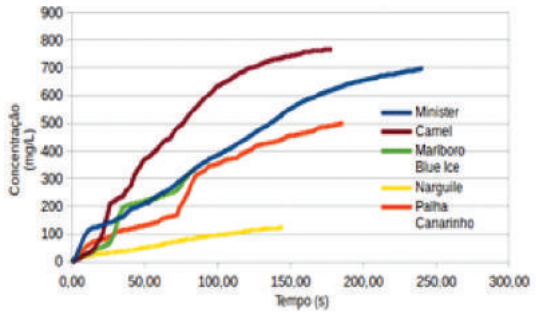


Figura 2 – Gráfico da concentração de gases nocivos por tempo. As amostras foram medidas até que atingissem o máximo de concentração

▸ Conclusão

O modelo atendeu ao objetivo de permitir a coleta de dados com baixo custo. Desenvolvemos um modelo que quantifica a concentração de alguns componentes nocivos da fumaça em cada tragada. A análise dos dados poderia ser enriquecida se tivéssemos acesso a equipamentos que mensurassem os componentes separadamente, mas esse é um processo caro e depende de treinamento de que não dispúnhamos. Se isso fosse possível, poderíamos analisar uma gama maior de gases e comparar com outras referências de toxicidade conhecida.

A conclusão sobre qual o fumo mais tóxico depende de outros fatores, além dos analisados aqui, ou de outros estudos puramente bioquímicos. O padrão de fumo, outros comportamentos, histórico familiar e condições físicas também são fatores determinantes da vulnerabilidade aos seus efeitos, lembrando que não há níveis seguros para o consumo dessas substâncias.

▸ Referências

CHIAPETTA, S. C. et al. Estudo preliminar do regime de fumada na região central da cidade do Rio de Janeiro. *35ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*. Disponível em: <http://sec.sbq.org.br/cdrom/35ra/resumos/T0362-1.pdf>.

EQUIPAMENTOS de medição de gases. Disponível em: <http://www.enautica.pt/publico/professores/jemilio/pdf/DIVER/enidh-sacor-JUN05.pdf>.

INCA alerta para malefícios do narguilé. Disponível em: <http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/comunicacaoinformacao/site/home/sala_imprensa/releases/2012/inca_alerta_para_maleficios_narguile>.

SENSORES catalíticos de gás combustível. Disponível em: <http://www.sabereletronica.com.br/artigos/1427-sensores-catalticos-de-gs-combustvel>.

SENSORES de gás: princípios e tecnologias. Disponível em: <http://www.protecaorespiratoria.com/2011/06/sensores-de-gas-principios-e.html>.

▸ Agradecimentos

Agradecemos a esta instituição, que possui toda a infraestrutura necessária para a realização do projeto. Ao nosso orientador, Prof. Dr. Carlos Alberto da Silva, que depositou em nós a sua confiança, além de ter nos corrigido, incentivado e inspirado ao longo do projeto. Aos técnicos de laboratório, que nos forneceram as ferramentas e auxiliaram no uso das mesmas durante a execução do projeto, e a todos que participaram de alguma forma.

EFICIÊNCIA DE UM SISTEMA DE MOLAS PARA REDUZIR O ESFORÇO FÍSICO DOS MEMBROS INFERIORES

Daniel Y. A. Yabusaki, Gustavo R. Santos, Kaue A. P. Person,
Nelson H. C. Junior, Nivaldo Serralheiro e Phelipe T. do Nascimento
Professor: Carlos Alberto-Silva, CCNH
***Campus* São Bernardo do Campo**

Resumo

O projeto consiste na montagem de um aparelho, com materiais de baixo custo, que posteriormente fosse acoplado às pernas de algum utilizador e reduzisse o esforço físico (força) das pernas em uma caminhada ou corrida. Dessa forma, o utilizador se sentiria menos cansado e estaria disposto a um tempo maior de atividade do que se estivesse sem o aparelho.

► Introdução

Existem diversas doenças que causam dificuldades no andar ou a paralisia de músculos nas pernas, como, por exemplo, a artrite e a esclerose múltipla em estado não avançado. Ambas, como muitas outras doenças, levam à fraqueza muscular, comprometendo o andar de quem sofre com esses problemas.[8] Vítimas de acidentes graves que levaram a disfunções musculares também encontram dificuldade ao tentar andar. Algumas perdem o movimento para o resto de suas vidas, enquanto outras possuem a possibilidade de voltar a andar através de tratamentos fisioterapêuticos e cirurgias. Diante desse cenário e visando encontrar dificuldades motoras nos membros inferiores, o estudo foi delineado para determinar as capacidades de um sistema de molas acoplado às pernas, levando em consideração o trabalho muscular das mesmas.

► Objetivo

Construir e analisar a eficiência de um protótipo de baixo custo que diminua o esforço físico e, por conseguinte, o cansaço de uma pessoa durante uma atividade.

► Metodologia

Para a construção do aparelho, foram usadas barras de alumínio, quatro molas para cama elástica (duas para cada perna), pregos, porcas e cola quente.

Foram feitos dois testes em cinco alunos diferentes de nossa turma, com peso, idade e altura médios de 60 kg, 19 anos e 1,75 m, respectivamente: o teste da caminhada dos 6 min (ENRIGHT, 2003) no pátio, entre os blocos alfa e beta do *campus* SBC, sendo que antes, logo depois e 1 minuto depois desse teste foram

[8] Ver: <http://webaim.org/artivles/motor/motordisabilities>.

medidos pressão arterial, batimentos cardíacos e frequência respiratória de cada participante. No primeiro minuto de espera entre as medições, foi feito o segundo teste: o teste de percepção subjetiva de esforço (PSE).[9] Com os resultados de todas as corridas (com e sem o aparelho) em mãos, os dados foram analisados e comparados (THOMAS; NELSON, 2002).

► Resultados e discussão

Figura 1 – A) Vista lateral do protótipo; B) Protótipo sendo testado na caminhada dos 6 min

Tabela 1 – Valores dos dados médios dos indivíduos participantes do Teste da Caminhada dos 6 Minutos

	Pressão	FC	FR	PSE
Inicial	12,8 ± 1,30/8,6 ± 0,89	80 ± 9,44	0,48 ± 0,053	-
Controle	14,4 ± 0,89/9,8 ± 0,83	143 ± 21,59	0,88 ± 0,086	5,6 ± 0,54
Teste	12,8 ± 1,30/9,2 ± 0,44	89,4 ± 8,8	0,64 ± 0,06	2 ± 0,70

Inicial: medidas feitas antes dos testes; Controle: medidas feitas sem o uso do protótipo; Teste: medidas feitas com o protótipo; FC: frequência cardíaca; FR: frequência respiratória; PSE: valores da percepção subjetiva de esforço.

► Conclusões

O indivíduo, quando utilizando o protótipo, apresentou menor desgaste físico. Com isso, concluímos que o protótipo poderia ser utilizado por indivíduos portadores de disfunções musculares.

► Referências

ENRIGHT, P. L. The six-minute walk test. *Respiratory Care*, v. 48, n. 8, p. 783-785, 2003.THOMAS, J.R.; NELSON, J. K. *Métodos de pesquisa em atividade física*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

► Agradecimentos

Agradecemos a Alan Floriano, Bruno Galeazzo, Marcela Perroni, Luisa Falcioni e Leonardo Gomes, alunos do curso de Bacharelado de Ciência e Tecnologia da UFABC, por aceitarem participar dos testes e cooperar com todas as instruções dadas.

[9] Ver: <http://www.cdof.com.br/avalia5.htm>.

REAÇÃO EM CADEIA LINEAR: EFEITO DOMINÓ

Arthur Azzi, Guilherme Saldanha, Juliana dos Santos e Raí Goes Parejo
Professor: Jeroen Schoenmaker, CECS
***Campus* Santo André**

Resumo

O estudo de reações em cadeia possui grande relevância em muitas áreas, tais como energia nuclear, colisões de veículos (engavetamento) e avalanches. Com o auxílio de uma câmera com alto *fps*, medimos com precisão a variação da taxa de queda de peças de dominó em função da distância entre elas. A taxa de queda aumenta, de forma não linear, com a distância entre as peças.

► Introdução

A reação em cadeia faz parte de um conjunto de estudos de mecânica de impacto, área que se preocupa em analisar efeitos de colisão e respostas dinâmicas de estruturas em resposta a uma força inicial. A importância desse tipo de estudo abrange uma vasta área da engenharia, desde desenvolver equipamentos de esporte até reduzir o efeito de choques entre carros, quedas sequenciais de árvores em uma floresta, queima de neurônios acoplados em uma rede neural etc.

O efeito dominó descreve uma onda de impactos e quedas que se propagam em uma ordem periódica de espaços regulares em que cada elemento próximo ao sistema está inicialmente estável (STRONGE, 2000).

► Objetivo

Analisar a velocidade de propagação da queda de peças de dominó em um dado espaço, enfileiradas a diferentes distâncias umas das outras.

► Metodologia

O experimento baseia-se no enfileiramento de 28 peças de dominó, distanciadas de modo preciso, e na sua queda sequencial, ocasionada por um impulso inicial na primeira peça da fila. Repetimos o enfileiramento diversas vezes, variando a distância entre as peças para verificar se a velocidade de propagação das quedas seria afetada.

Para tanto, utilizamos um cronômetro digital e um aplicativo de vídeo (*Slowplay para Android*), que nos permitiu visualizar frames a cada 10 ms (milissegundos), tornando o processo menos indutivo e mais preciso.

A seguir, apresentamos fotografias ilustrativas do experimento.

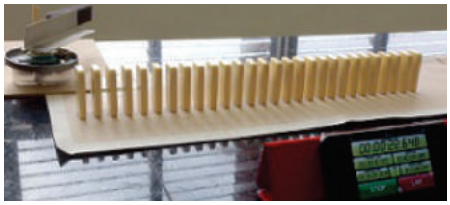


Figura 1 – Posição inicial do experimento

Figura 2 – Experimento depois de passado certo tempo do impulso inicial

► Resultados e discussão

O impulso inicial exerce grande influência sobre o experimento, pois define a linearidade da queda do restante das peças. Portanto, utilizamos um gatilho construído com um dial de telefone e espuma de alta densidade e superfície plana, pois a força imprimida pelo dial será sempre a mesma e a espuma de superfície plana fará com que a primeira peça caia linearmente, evitando divergências ocasionadas por diferentes distâncias.

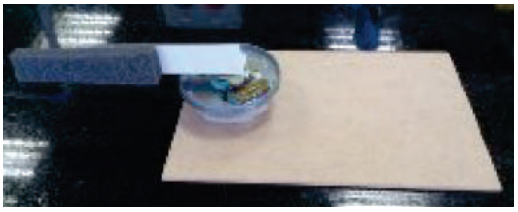


Figura 3 – Gatilho

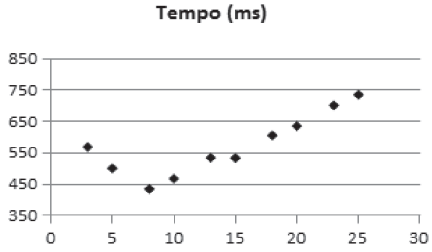


Figura 4 – Gráfico Distância entre as peças (mm) x Tempo (ms)

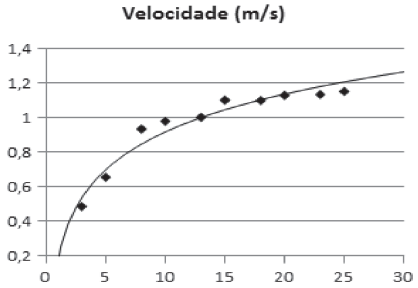


Figura 5 – Gráfico Distância entre as peças (mm) x Velocidade (m/s)

A máxima distância considerada entre as peças foi de 25 mm, pois com medidas superiores a fila cai de forma instável.

A partir dos dados obtidos no experimento, pode-se concluir que o efeito dominó não possui um comportamento linear. O tempo de queda inicia-se de forma decrescente, conforme há o aumento do espaço entre as peças, porém, no ponto em que se tem 10 mm de distância, há a mudança de comportamento e, assim, a variação do tempo se torna crescente até o fim do experimento (25 mm). Já a velocidade calculada se comporta de maneira crescente, conforme o aumento da distância entre as peças do início ao fim do experimento.

► Referência

STRONGE, W. J. *Impact mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

► Agradecimentos

Agradecemos à universidade, por oferecer a estrutura necessária para concluirmos o projeto, e ao Professor Orientador Jeroen Schoenmaker.

LÍQUENS COMO BIOINDICADORES DA POLUIÇÃO DO AR

Leonardo Araujo, Luiz A. P. Santos, Marina A. Gonzaga, Paulo Hayashida, Rafael S. L. Pinto, Raimundo Neres, Renato Silva, Richard Anemam e Suzana Santos
Professora: Renata Maria Augusto da Costa, CCNH
***Campus* Santo André**

Resumo

Os líquens sustentam-se exclusivamente na atmosfera local, podendo reter poluentes. Objetivando comparar a concentração de poluentes em diversas regiões, realizamos a coleta de líquens e a medição de pH das soluções destes em água destilada, além de investigar a presença de metais pesados. Verificamos uma significativa variação da qualidade do ar entre as regiões analisadas, assim como uma diferença em resultados na medição *in loco* e em laboratório, após estocagem.

► Introdução

Os líquens são fungos encontrados em associação simbiótica com organismos fotossintetizantes (algas ou cianobactérias). São capazes de viver em ampla área geográfica e de acumular elementos químicos além de suas necessidades vitais, o que os torna excelentes indicadores da qualidade do ar, sendo que valores elevados de concentração de íons metálicos são apresentados quando a poluição do ar é alta. Essa concentração pode ser influenciada pela composição e/ou contaminação do solo e, portanto, o uso de líquens coletados de troncos de árvores é o mais adequado.

A massiva poluição por automotores e indústrias na região metropolitana de São Paulo justifica um estudo da qualidade do ar.

► Objetivos

Com a coleta de líquens na região metropolitana, desejamos comparar o nível de poluição de diversos locais, utilizando a medição de pH dos líquens colhidos em tais regiões e analisando-os em laboratório.

► Metodologia

1. Material biológico

Coletamos exclusivamente líquens em árvores do gênero *Tabebuia* (Ipê). As amostras foram coletadas nas proximidades do *campus* da UFABC de São Bernardo do Campo (Jardim Antares), no *campus* de Santo André (Bangu), no distrito de Paranapiacaba (Santo André), em Mauá (Jardim Adelina) e em São Paulo (Penha).

2. Determinação do pH do líquen

Todas as amostras passaram por um processo de trituração em uma cápsula de porcelana. Elas foram pesadas e transferidas para um recipiente contendo água destilada, e os pHs das soluções foram medidos. No caso de Paranapiacaba, foi realizada uma análise *in loco*, imediatamente após a coleta, e uma análise em laboratório, após uma semana de armazenamento.

3. Análise de metais pesados

A cada 0,1 g de líquen, foram adicionados 1 mL de água destilada, 5 mL de água régia (solução de HCl e HNO3, 3:1, respectivamente) e 0,38 g de FeSO4. A solução foi aquecida a 350°C, para permitir a completa evaporação do meio líquido. Alternativamente, utilizamos, em vez de água régia, ácido nítrico para digerir as paredes celulares.

Figura 1 – Amostras de: (1) Paranapiacaba (lab.), (2) Mauá, (3) Penha e (4) SBC 2.

▸ Resultados e discussão

1. Determinação do pH

O pH medido das soluções das amostras está indicado na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1 – pH das soluções das amostras

Campus São Bernardo do Campo 1	4,8
Campus São Bernardo do Campo 2	4,6
Campus Santo André	4,33
Paranapiacaba – em laboratório	4,95
Paranapiacaba – *in loco*	6,0
Penha	6,55
Mauá	4,08

2. Análise de metais pesados

Os resultados apontam para uma maior poluição na cidade de Mauá, por conta da proximidade ao Rodoanel, com tráfego elevado de veículos, e de regiões extremamente industrializadas, como Capuava, Santo André e São Bernardo do Campo. As duas últimas, também abordadas no trabalho, constituíram, respectivamente, a segunda e terceira regiões mais poluídas. A região com melhor qualidade do ar foi a Penha, na zona leste de São Paulo, seguida do distrito de Parapiacaba.

Vale salientar a importância da coleta e análise *in loco*, ou ao menos com menor tempo de armazenamento possível, já que, como observamos, o tempo prolongado entre a retirada e a análise causa uma enorme variação dos resultados, podendo invalidar a pesquisa.

Não foi possível aferir nenhum valor para metais pesados, pois a metodologia utilizada tem baixa sensibilidade, sendo necessária a utilização de equipamentos mais precisos.

Apesar de não apresentar grande exatidão, o teste com líquens se mostrou satisfatório e, em sua simplicidade, pode ser utilizado até na educação de ciências para crianças.

▸ Conclusões

Analisando os resultados, verificamos que o uso de líquens como bioindicadores é um método prático, simples e acessível para a comparação da poluição do ar, apesar de não possuir alta precisão.

Pelos valores encontrados, podemos concluir que o ar é mais poluído nas cidades do ABC, zonas industriais, e é mais limpo na zona leste de São Paulo e em Paranapiacaba.

▸ Referências

CETESB. *Bioindicadores*. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/informacoes-B%C3%A1sicas/Vegeta%C3%A7%C3%A3o/8-Bioindicadores>. Acesso em: 23 jul. 2014.

LÍQUENS como biomonitores em Porto Alegre. Fapesp, 2012. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/02/29/liquens-s%C3%A3o-usados-como-biomonitores-de-polui%C3%A7%C3%A3o-em-porto-alegre/>. Acesso em: 11 jul. 2014.

ODUM, H. T. et al. *Heavy metals in the environment*: using wetlands for their removal. Boca Raton, 2000.

REVISTA SUPERINTERESSANTE. Vigilantes do ambiente. *Super 154*, 2011. Disponível em: <http://www.superinteressante.pt/index.php?option=com_content&id=488%3Avigilantes-do-ambiente& Itemid=80>. Acesso em: 9 jul. 2014.

▸ Agradecimentos

Agradecemos à Prof.ª Dr.ª Renata da Costa pela orientação, aos técnicos de laboratório pela solicitude e à UFABC pela infraestrutura proporcionada.

PLACA SOLAR FEITA DE MATERIAIS RECICLADOS

Ana C. Antunes, Daniel Almeida, Gabriela Bertoni dos Santos, Jessica Teixeira Vaz, Larissa B. de Oliveira, Lucas G. Urich, Nicole L. dos Santos M., Raphael Fernandes Mendes e Thadeu S. Rodrigues
Professor: Dr. Juliana Marchi, CCNH
***Campus* Santo André**

Resumo

O projeto consiste na elaboração de um aquecedor solar com materiais reciclados. O experimento foi realizado para provar que o uso dessa alternativa ecológica é viável no cotidiano. Na confecção, foram utilizadas garrafas PET e caixas de leite, além de outros materiais que podem ser encontrados em lojas de material de construção. Os resultados mostram a eficiência do projeto e confirmam as previsões teóricas.

► Introdução

O chuveiro é considerado um grande vilão no consumo de energia elétrica, porque é necessária muita caloria para aquecer a água. Em sua potência mínima, um chuveiro elétrico consome entre 2.500 e 3.200 watts. Diante desse problema, o engenheiro suíço George de Mestral teve uma ideia simples e genial, o aquecedor solar, utilizado para aquecer a água e, com isso, economizar energia elétrica.

A dificuldade do aquecedor solar convencional, feito de canos de cobre ou de alumínio, vidro e placas de metal, é seu custo. Sendo este muito alto, o aquecedor se torna de difícil aquisição por grande parte da sociedade. Por isso, foi desenvolvido um aquecedor solar feito com materiais recicláveis, o qual visa à economia de energia elétrica, ao baixo custo e à reciclagem de matérias que podem ser considerados inúteis após os seus devidos usos.

Através de análises de um aquecedor solar feito de materiais recicláveis, concluiremos se é possível aquecer a água de maneira considerável, para que possa ser utilizada no cotidiano de uma família.

► Objetivo

Constatar a viabilidade técnico-econômica e a aplicabilidade de um aquecedor solar de baixo custo e fácil montagem.

► Metodologia

Materiais utilizados

- 30 garrafas PET cristal de 2 L
- 25 embalagens de leite de 1 L
- 10 m de cano PVC de ½"
- 70 cm de cano PVC de 100 mm
- 12 conectores tipo T em PVC
- 6 conectores tipo L em PVC
- 1 reservatório
- Canos flexíveis

Procedimentos

1. Corte das garrafas PET e das caixas de leite;
2. Corte dos canos PVC e pintura dos canos e das caixas de leite com tinta preta;
3. Montagem das estruturas de cano PVC no formato do esqueleto da placa;
4. Encaixe das caixas de leite dentro das garrafas PET e finalização da montagem da placa solar;
5. Ligação do reservatório à placa com canos flexíveis;
6. Realização de análises.

Figura 1 – Protótipo do aquecedor solar

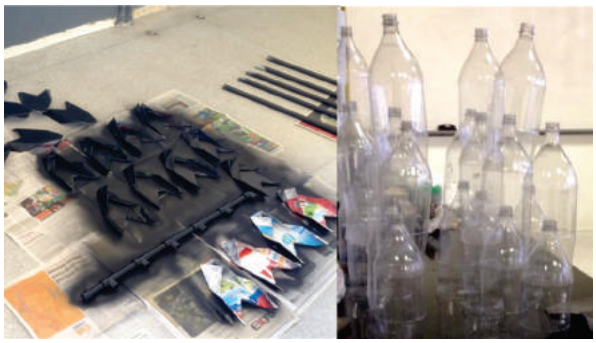


Figura 2 – Processo de montagem da placa (garrafas cortadas e caixas e canos pintados)

▸ Resultados

Tabela 1 – Temperatura pelo horário exposto. Análises realizadas em um dia nublado e chuvoso (25/set, 16°C) .

	Horário	Temperatura
1	10h00min	18,3°C
2	10h30min	18,7°C
3	11h00min	19,3°C
4	11h30min	20,0°C
5	12h00min	19,5°C
6	12h30min	20,2°C
7	13h00min	19,9°C
8	13h30min	19,6°C

Tabela 2 – Temperatura pelo horário exposto. Análises realizadas em um dia de sol (28/set, 27°C)

	Horário	Temperatura
1	10h00min	19,5°C
2	11h00min	21,7°C
3	12h00min	22,9°C
4	13h00min	23,4°C
5	14h00min	24,7°C
6	15h00min	25,6°C
7	16h00min	26,2°C
8	17h00min	25,9°C

No primeiro dia, devido às condições metodológicas desfavoráveis, a variação foi pequena, mas no segundo dia o protótipo respondeu ao calor solar, comprovando sua aplicabilidade em climas quentes.

▸ Conclusões

O aquecedor é funcional, porém sua eficiência é suscetível às variações climáticas. O projeto pode ser aplicado em larga escala apenas em lugares com incidência solar constante.

▸ Agradecimentos

Agradecemos aos técnicos de laboratório, aos funcionários da limpeza e aos nossos colegas que doaram os materiais necessários para a confecção do projeto.

COMPORTAMENTO DA TENSÃO SUPERFICIAL EM MISTURAS DE ÁGUA-ETANOL

Fabiana Sanchez, Jaqueline Rando, Jonathan S. Duarte, Lucas Andrade, Luiz F. F. Silva, Marcos F. Silva e Thais K. F. Nery
Professor: Marcelo B. Reyes, CMCC
***Campus* Santo André**

Resumo

O experimento tem por finalidade obter a variação da tensão superficial para diferentes concentrações da mistura de água e etanol através da massa das gotas formadas na extremidade de uma agulha. Com os resultados obtidos, foi possível observar que a variação da tensão superficial tem um comportamento exponencial em relação à concentração e que os valores obtidos através desse método ficaram muito próximos de valores tabelados.

► Introdução

As forças intermoleculares que atuam na superfície de um líquido criam um fenômeno chamado de *tensão superficial*, que faz com que a camada próxima à superfície se comporte como uma película elástica. Esse efeito também é responsável pela formação de gotas. Na Figura 1, observa-se que as gotas ficam presas ao restante do líquido devido à tensão; quando o peso que atua sobre a gota é maior que essa força, ocorrem seu rompimento e consequente queda (GIANINO, 2006).

► Objetivo

Verificar a variação da tensão superficial em misturas de água e etanol.

► Metodologia

O experimento consiste em obter três amostras de 50 gotas de mistura para cada concentração de etanol em água. As amostras analisadas variaram de 0% (água pura) até 100% (etanol puro) em porcentagem do volume. As massas das amostras foram obtidas através de uma balança de precisão e, utilizando-se a relação a seguir, foram calculadas as tensões superficiais.

$$\gamma = \frac{m}{f}\frac{g}{2\,\pi\,r} \qquad (1)$$

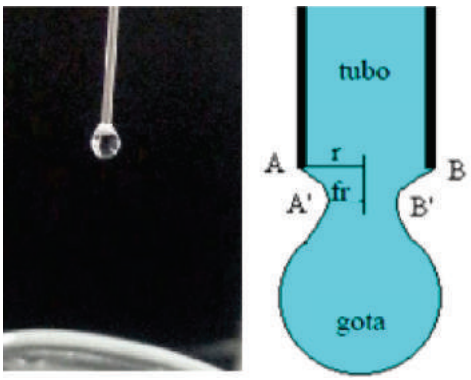


Figura 1 – Gota na ponta de uma agulha

Onde γ é a tensão superficial, r é raio da agulha e f é um fator de redução relacionado ao fato de parte da gota ficar presa à agulha no momento da queda. Os testes foram realizados em agulhas de diâmetros diferentes.

▸ Resultados e discussão

A partir dos resultados, observou-se que existe uma relação exponencial entre a concentração de etanol e a tensão superficial e que, para agulhas de diâmetros diferentes, os valores de tensão obtidos são muito próximos.

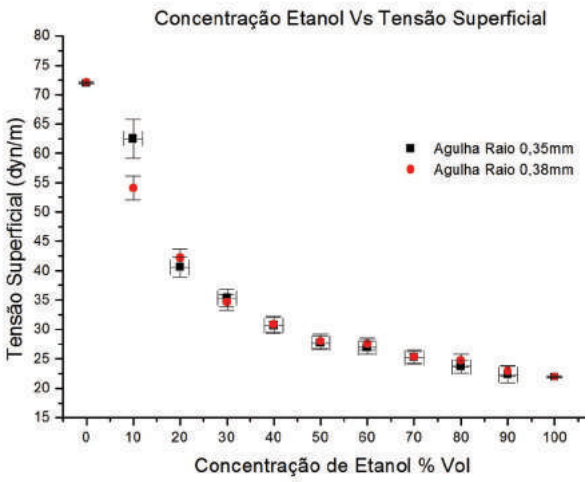


Figura 2 – Gráfico Concentração de etanol x Tensão superficial temperatura média = (25 ± 1)°C

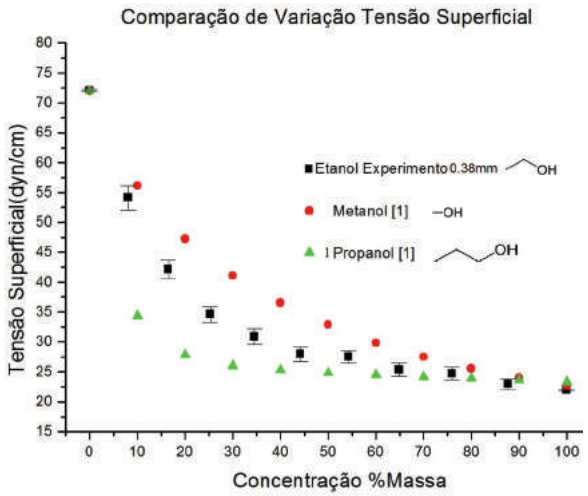


Figura 3 – Gráfico de tensão superficial para mistura de álcoois.

Além disso, o fato de o experimento gerar resultados muito próximos para agulhas diferentes demonstra um bom grau de reprodutibilidade, tornando-se uma ferramenta para a obtenção dessa grandeza em outras substâncias.

▸ Conclusões

A hipótese para o resultado é a de que o etanol possui uma parte de sua composição hidrofóbica, o que faz com que, já em baixas concentrações, a superfície da mistura seja dominada por suas moléculas. Comparando esse resultado com os resultados obtidos por Vazques et al. (1995) para misturas de metanol e 1-propanol, é observado que, para moléculas com a parte hidrofóbica maior (1-propanol), a curva é mais acentuada, ocorrendo o oposto para moléculas com a parte hidrofóbica reduzida.

▸ Referências

GIANINO, C. Measurement of surface tension by the dripping from a needle. *Physics Education*, v. 41, n. 5, p. 440, 2006.

VAZQUES, G. et al. Surface tension of alcohol water + water from 20 to 50.degree. C. *J. Chem. Eng. Data*, v. 40, n. 3, p. 611-614, 1995.

VUOLO, J. H. *Apostila do curso Introdução à Teoria de Erros*. São Paulo: IFUSP, 1999.

▸ Agradecimentos

Agradecemos ao professor Rodrigo M. Cordeiro, pelas dicas e elucidação de dúvidas.

SUPERBALANÇA ELETROMAGNÉTICA DE R$ 32,00

Eduardo U. Antunes, Felipe F. Santana, Lucas P. Bertholato, Matheus C. Moreno, Matheus S. Goveia, Rafael B. F. Figueiredo, Rafael P. Medeiros e Raphael C. Alves
Professor: Jeroen Schoenmaker, CECS-UFABC
***Campus* Santo André**

Resumo

Uma determinação precisa de massa é central em muitos procedimentos científicos e industriais e representa um dos principais desafios da metrologia atual. Neste trabalho, foi desenvolvida uma balança de alta precisão utilizando um galvanômetro, devido à sua sensibilidade à corrente elétrica e suas propriedades e montagem físicas. Medindo a diferença de tensão na bobina com e sem peso nesta, podemos relacionar a tensão da bobina com a massa medida. Obtivemos uma incerteza de 46 µg. Utilizando essa balança, determinamos o comportamento da evaporação do álcool etílico 92,8% absorvido em lenço de papel.

► Introdução

Por definição, balança é um instrumento que mede massa. Ela pode diferir de acordo com seu princípio de funcionamento, precisão e finalidade. Ao longo da história, os mais diversos tipos de balanças foram desenvolvidos, entre eles a balança analítica, que, hoje, é um dos mais precisos instrumentos de medição de massa conhecidos, podendo chegar à ordem milesimal do grama.

► Objetivo

O objetivo do trabalho consiste em construir uma balança com a agulha de um galvanômetro, esboçando um gráfico Tensão x Massa cujo limite inferior seja menor que o da balança analítica.

► Metodologia

Um circuito eletrônico foi desenvolvido com o objetivo de aplicar uma tensão regulada na bobina do galvanômetro, para equilibrar sua agulha horizontalmente em uma altura fixa de uma escala (Figura 1). Após a regulagem da altura, é utilizado um potenciômetro para igualar as tensões nas pontas de prova de um multímetro digital, a fim de facilitar as medidas. A massa a ser medida é colocada sempre na mesma posição da agulha. Após a adição da massa, é realizado um ajuste na tensão, para que a agulha retorne à posição inicial. Quando a agulha atingir a mesma posição na escala, a tensão na bobina do galvanômetro será diferente da anterior, diferença essa que é medida pelo multímetro digital e pode ser relacionada com a massa na agulha.

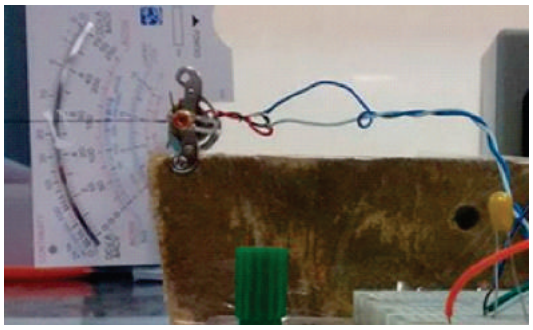


Figura 1 – Galvanômetro e escala

O peso máximo medido pela balança eletromagnética é inferior ao peso mínimo tolerável pela balança analítica. Então, para determinar a relação Tensão x Massa, foi utilizada uma sulfite A4, que tem tamanho bem determinado e densidade relativamente constante ao longo da folha. Calculou-se a área da folha inteira e mediu-se sua massa. Com esses dados, encontrou-se a gramatura em g/cm^2. O resultado foi de 7,6 mg/cm^2.

Foram recortados pedaços dessa mesma folha com áreas bem específicas. Suas massas foram estimadas e os pedaços colocados na balança, para obter uma curva relacionando Tensão x Massa (Figura 2).

Na escala utilizada, foi obtida uma incerteza de 46 µg. Esse valor foi encontrado após adicionar uma massa de 506 µg à agulha e observar que a agulha desceu 11 unidades da escala.

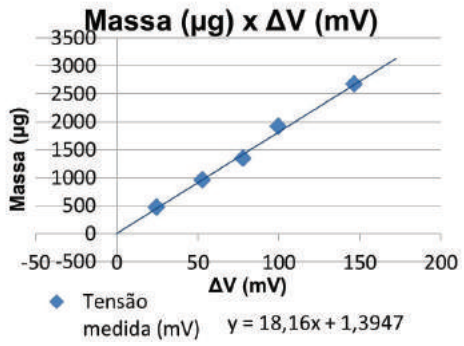


Figura 2 – Curva Tensão x Massa obtida na balança construída

► Resultados e discussão

A partir dos resultados da Figura 2, utilizamos a relação µg/mV para estimar o peso de dois lenços de área 0,12 cm² embebidos em álcool e relacionar a curva de evaporação destes, colocando-os na agulha de dois modos diferentes: amassado e folha aberta. Os resultados são apresentados na Figura 3. Ao contrário do que se esperava, a evaporação na folha aberta não ocorreu de forma mais rápida do que no lenço amassado, mas ocorreu de forma mais linear, provavelmente porque a relação entre a área de contato com o ar e o volume de lenço encharcado varia menos em uma superfície plana (folha) do que em uma esfera (lenço amassado) à medida que o álcool evapora.

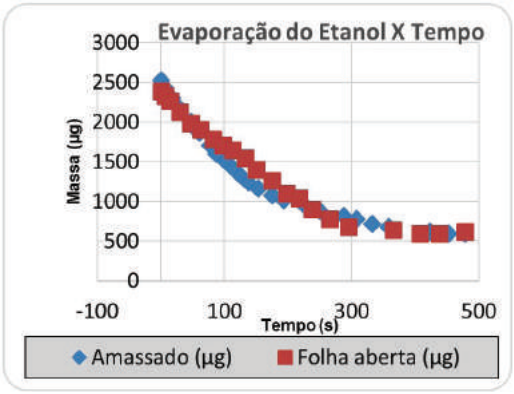


Figura 3 – Evaporação do etanol x Tempo

A balança se mostrou muito precisa nas medições e teve um funcionamento linear, com massas a partir de 46 µg. O limite máximo é próximo de 3.800 µg. Foi realizado um teste com essa massa, porém a agulha não era capaz de voltar à posição inicial. Nos testes de evaporação do álcool, observou-se uma semelhança de comportamento em ambas as folhas (tanto na amassada quanto na aberta).

► Referências

AYDAR, J. A. B. *Eletrobalança para medir microgramas*. Instituto de Física Gleb Wataghin, Universidade Estadual de Campinas, segundo semestre de 2004.

CARLSON, S. The amateur scientist. Homemade microgram eletrobalances. *Scientific American*, June 1996.

► Agradecimentos

Agradecemos à UFABC e, especialmente, ao professor Jeroen Schoenmaker, por todo o apoio prestado.

DETERMINAÇÃO DA CONSTANTE DE AVOGADRO POR ELETRÓLISE DE H_2O

Araújo R. D., Borin C. O., Costa R. S., Gratti D. N., Igarashi G. M., Kojima R. S., Martins Jr. N. G., Melo Jr. S. T., Padovan T. M., Ventura F.
Professora: Elizabeth Teodorov, CMCC
***Campus* Santo André**

Resumo

O objetivo do experimento consistiu na determinação da constante de Avogadro, por ser uma das mais importantes constantes físico-químicas, fundamental para o entendimento de vários conceitos da engenharia. Assim, tentou-se reproduzir o valor dessa constante através da eletrólise de H_2O, utilizando equipamentos simples do laboratório. Realizado o experimento, os resultados obtidos foram próximos ao valor da constante segundo a IUPAC, que é $6{,}02214 \times 10^{23}$ mol^{-1}.

► Introdução

A constante de Avogadro é uma importante constante físico-química, que se embasa em conceitos fundamentais para a engenharia, como cálculo de massa e volume molar e estequiometria.

O valor dessa constante, segundo a IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*),[10] é de $6{,}02214 \times 10^{23}$ mol^{-1} e é definido quantitativamente como sendo o número de átomos presentes em 12 gramas de Carbono-12. O nome foi dado em homenagem a Lorenzo Amedeo Avogadro, conhecido por suas contribuições no campo da teoria molecular.

O valor da constante pode ser reproduzido experimentalmente de diversas formas, sendo a mais simples por meio de eletrólise de um meio aquoso (MÓL et al., 1996).

[10] Conferir: <http://www.iupac.org/publications/ci/2010/3201/2a_jeannin.html>.

► Objetivo

Reproduzir o valor da constante de Avogadro de maneira simples, através da eletrólise de água.

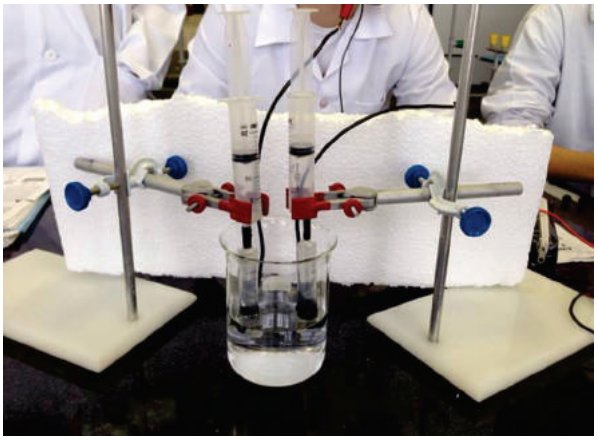


Figura 1 – Experimento montado no laboratório

Duas seringas de 10 mL (Figura 1) foram posicionadas no interior de um béquer contendo

uma solução de $NaOH_{(aq)}$ (10g/L ou 20g/L). Com outras duas seringas de 20 mL conectadas pelos bicos às seringas menores, foi possível fazer com que a solução de $NaOH_{(aq)}$ preenchesse as seringas até 10 mL. Foram inseridos fios de cobre em cada seringa, e estes foram ligados a uma fonte de 6 V que fornece corrente contínua ao circuito. Conforme ocorreu a reação de eletrólise, observou-se formação de $O_{2(g)}$ e $H_2O_{(g)}$ no ânodo e $H_{2(g)}$ no cátodo. Com o uso de um cronômetro, verificou-se o tempo necessário para que um determinado volume de gás hidrogênio se formasse e, com o uso de um multímetro, verificou-se a corrente no circuito. Considerando-se as condições de temperatura e pressão do laboratório, foram realizados os seguintes cálculos utilizando os dados obtidos no experimento:

Semirreação no ânodo: $4OH^- \rightarrow O_2 + H_2O + 4e^-$

Semirreação no cátodo: $4H_2O + 4e^- \rightarrow 2H_2 + 4OH^-$

Reação global: $2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$

$$n_{H_2} = \frac{pV}{RT} \qquad N_{e^-} = \frac{Q}{e}$$

$$n_{e^-} = 2n_{H_2} \qquad C_A = \frac{N_{e^-}}{n_{e^-}}$$

$$Q = i \cdot t$$

De maneira resumida, a constante de Avogadro pode ser obtida, neste experimento, por meio da seguinte fórmula (ATKINS; JONES, 2006):

$$C_A = \frac{R \cdot T \cdot i \cdot t}{2p \cdot V \cdot e}$$

Onde R = 8,3145 J/Kmol (temperatura em K, corrente em A, tempo em s, pressão em Pa, volume em m^3 e carga do elétron em C), T é a temperatura, i é a corrente, t é o tempo, p é a pressão, V é o volume e e =1,6x10^{-19} C.

► Resultados e discussão

Observou-se que, ao se utilizar uma solução mais concentrada de $NaOH_{(aq)}$, a corrente no circuito aumentou. Isso possibilitou um tempo menor na conclusão do experimento e uma aproximação melhor ao valor real da constante (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores obtidos no experimento.

Concentração (g/L)	Corrente (A)	Vol. de H_2 na seringa (m^3)	Tempo (s)	Valor obtido (x10^{23} mol^{-1})
10	0,065	0,000005	600	6,48
10	0,045	0,000007	1.170	6,25
20	0,140	0,000005	275	6,34
20	0,137	0,00000475	255	6,06
20	0,125	0,000005	308	6,27
20	0,094	0,000005	426	6,52

De modo geral, concentrações maiores fornecerem valores mais precisos, conforme o tempo do experimento diminuiu.

Ainda, pôde-se observar que a concentração de hidróxido de sódio que forneceu uma melhor relação entre os volumes dos gases produzidos foi a de 20 g/L.

Este experimento permitiu a determinação simples da constante de Avogadro, além de permitir que outros conceitos, como a estequiometria, fossem trabalhados.

► Referências

ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios da química*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CASTELLAN, G. *Fundamentos de Físico-Química*. São Paulo: LTC, 1995.

IUPAC. *What is a mole?* Old concepts and new. Disponível em: <http://www.iupac.org/publications/ci/2010/3201/2a_jeannin.html>.

MÓL, G. de S. et al. Constante De Avogadro: é simples determiná-la em sala de aula. *Química Nova Escola*, n. 3, p. 32-33, maio 1996. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc03/exper.pdf>.

► Agradecimentos

Agradecemos à nossa professora e orientadora Elizabeth Teodorov e ao técnico de laboratório Rodrigo Prata, pelo suporte e orientação durante a realização do projeto.

GOD DOES PLAY DICE AFTER ALL: A STUDY OF CHAOTIC SYSTEMS

Alice Matoba Lipski, Ana da Silva de Paula, Bruno Murakami, Letícia Dantas de Sá, Marcos Pires da Silveira, Rafael Lustosa Mancini, Vitória Garcia Alvarez
Professor: Jeroen Schoenmaker, CECS
Campus Santo André

Abstract

The objective of this project consists in experimentally determining from which conditions 6-sided dice, which are chaotic systems, start presenting seemingly random characteristics, and for which scenarios do they act as deterministic systems given specific conditions. Using two methods of dice throwing, we determine which one presents the highest chance of result manipulation and which is the safest method to assure the randomness of obtained results. In order to achieve that, two experimental assemblies have been built with the intent of keeping a steady height, precisely changing it over time, as well as removing as many other variables capable of tempering the results as possible. Three equal and untampered western industrial dice were used in successive throws in order to obtain a pool data capable of representing and recreating actual events with satisfying accuracy.

► Introdução

Common dice (as all chaotic systems) are expected to never behave in a deterministic manner [1]. However, under specific conditions and when micro variations become small enough that they don't affect the system in a significant way, it is expected that the dice will act in a specific and predictable fashion. With that in mind, the question arises: when does the effectively deterministic system starts to present the chaotic properties that it is known for, and which method among the ones studied is the one that ensures that the dice will act chaotically the most often?

► Objective

Experimentally determining from which height standard western dice start presenting apparent random results, given two throwing methods. We also aim to determine which method shows the least chance of result manipulation and is therefore the safest one to ensure random results.

► Methodology

The group built two dice throwing machines. The 1st simulated a dice being pushed from a higher surface and falling on a lower one and the 2nd simulated a claw dropping the dice from a determined height onto a surface. The surface on which every dice fell was the same: a smooth surface covered by felt. The three dice used were classic western 16mm (-2/3"), the most common size of dice used in games. Each dice was thrown 120 times from every level and always from the same starting position, from 1 to 15cm (increasing the height by 1cm per level), where all dice presented random characteristics for at least 5 consecutive centimeters. All results were recorded and charted. In total there were 10.800 throws.

▸ Results and discussion

We observed after analyzing the charted information (Figure 1) that the 1st method of throwing (pushing the dice) consecutively showed results on the random zone for the height 6cm and up, but on lower heights it showed higher probability of specific results (all in the vertical axis of the dice in relation to the starting position). The 2nd method (claw), showed results on the random zone for 3cm and up, and on lower heights showed the same behavior as structure 1.

These observations were made looking at the individual averages for each level (points on the graph from Figure 1).

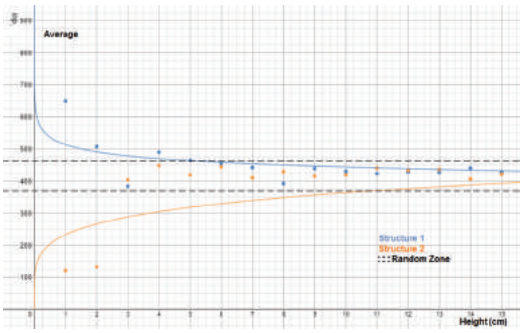


Figure 1 – Graph of averages for both methods

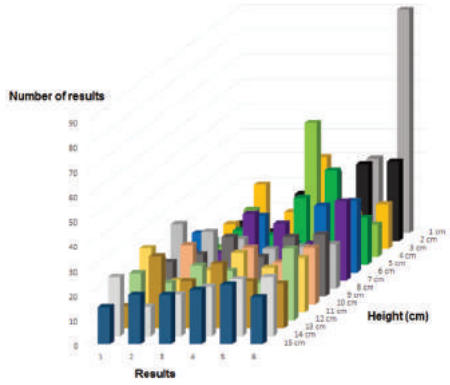


Figure 2 – Histogram of results structure 1

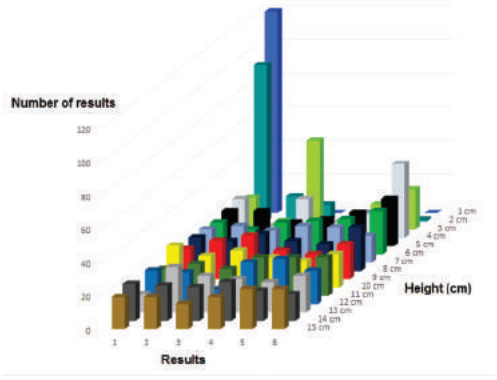


Figure 3 – Histogram of results structure 2

We believe that since the 1st structure threw the dice with starting kinetic energy ->0, the dice could only roll on its own Y-axis, making X-axis results much more unlikely, impairing the average of results over time.

The 2nd structure threw the dice with starting kinetic energy -=0 and therefore the dice could "bounce", so micro variations in positioning, friction mechanics and surface irregularities could cause big changes in outcome results faster, therefore making the method effectively random sooner [2].

The 1st method only allowed the micro variations to change the results when their forces were equal or greater than the defined path set by the starting position axis and kinetic energy from the pushing process.

▸ Conclusions

Analyzing the results of all throws we concluded that the height where the dice presented random results started at 6cm for the 1st method and 3cm for the 2nd method. It is important to note that even though the average of results became random at these heights, the results only showed the expected randomness of 1/6 for each outcome at height 9cm for 1st method (Figure 2) and 3cm for 2nd method (Figure 3).

Those results indicate that the method that shows less random values is the 1st method (with values in the y axis being more likely to appear).

▸ Bibliographic references

[1] Ditto, W., Munakata, T. (1995). Principles and Applications of Chaotic Systems. Communications of the ACM, November 1995/Vol. 38, No. 11, p. 96-102.

[2] Devaney, R. L. (1992). A First Course in Chaotic Dynamical Systems - Theory and Experiment. Addison-Wesley, Reading, Mass..

▸ Acknowledgements

We would like to thank UFABC and Professor Jeroen Schoenmaker for his guidance and advice during the project. We would also like to thank our friend Luis Bevilacqua for his help in the throwing mechanisms.

THE GAUSS GUN UNCOVERED

Ivan A. Vencato, João Pedro V. B. Silva, Leonardo E. Medveder,
Lucas S. Soyama, Matheus Ianello, Mauro M. de Araújo, Rebecca F. Alves
Prof. Dr. Jeroen Schoenmaker, CECS - UFABC
Santo André

Abstract

The Gauss Gun is a very popular and intriguing experiment dealing with both mechanical collisions and magnetic interactions, yet little is said about the details of its configuration. Here different methods were used to study the effects of changes in the setup over the energy imprinted to the bullet and elucidate the principles behind the experiment. Standardized triggers and different methods, testing the kinetic energy and speed, were used to figure out the best configuration for a Gauss Gun.

► Introdução

The Gauss Gun (GG) uses a particular setup of magnets and ferromagnetic elements (usually spheres) to propel a 'bullet' at a much higher speed than the initial speed of its 'trigger'. In fact, a gradual acceleration of the trigger occurs as it approaches the magnet; the kinetic energy resulting from the attraction and the initial mechanical energy of the trigger (Fig.1-a) is transferred with the impact to a lower magnetic potential (Fig.1-c) zone, resulting in an energy gain to the bullet; in multiple stages, the speed gains result of progressively higher mechanical energy of the subsequent triggers (Fig.1). There are losses of mechanical energy associated with the propagation (tribology, sound, heat, etc.), also the elasticity of the collision drops with the amount of separators, moving spheres before the trigger and absorbing the energy in the impact (Fig.1-b), *i.e.* not all the energy goes to the bullet; it must be taken into account as well that, with more separators, the bullet becomes less attracted to the set [1].

► Objective

Determine the best setup for the kind of GG studied in terms of energy imprinted to the bullet, given a set of magnets and spheres.

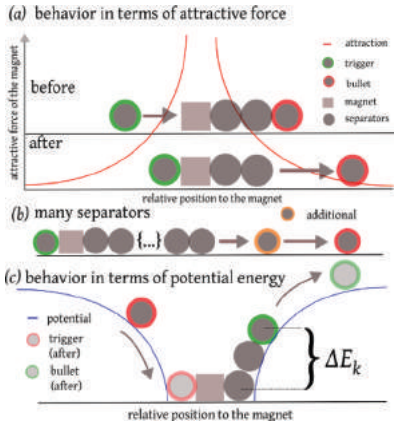


Figure 1 – Intuitive scheme of a GG stage.

► Methodology

Initially, two kinds of magnet would be tested (neodymium and ferrite), but neodymium

magnets proved to be as brittle as they were powerful and in the scales involved they required a much higher reaction speed at release than in was possible to get reliable results.

A track made of a porcelanate plate with a groove in polished mdf was used; different methods were tested for studying the imprinted energy: displacement in an adjustable ramp (Fig.2-a, energy); time interval between IR sensors (Fig.2-b, speed) and horizontal launch, by measuring the distances of the craters made on an absorbing surface made with a blanket (Fig.2-c and d and also Fig-3). In the last method explained in Fig.3 [2], the value of *g* was obtained with a pendulum in a separated experiment; the height and distance were measured and used to calculate the energies in the results at Fig. 4.

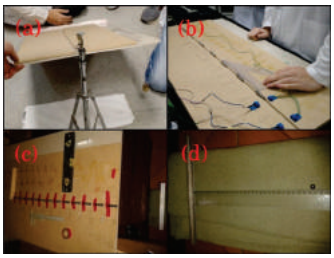


Figure 2 – Methods utilized in this project.

The tests involved number of separators, distance between stages and number of stages.

▸ Results and discussion

The most practical method was the horizontal launch, giving consistent results at each measurement. The use of IR sensors posed some difficulties since there was a significant friction at the groove and, in the ramp, it was hard to determinate the final height of the spheres.

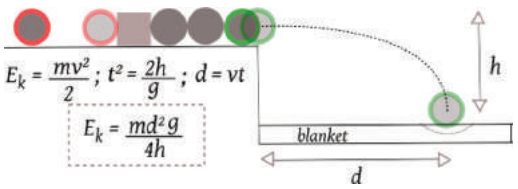


Figure 3 – Calculating kinetic energy.

The neodymium magnets, as said before were too brittle, and their cracks affected their attractive power, moreover, it was difficult to release the trigger accurately because minimal differences resulted in very noisy data overlapping the results of other measures, therefore the work rested mainly over ferrite magnets, which were much more manageable; for comparison, in the settings used ($h = 0.71\ m$) a single stage with neodymium magnets and 2 separators shot the sphere, on average *1.13 m* with a *7 cm* deviation; the most powerful GG with ferrite magnets (*3* separator, *12* stages, *1 cm* between stages) only *89 cm* with a deviation of *4 mm*.

The spheres weighed *2.98g*; gravity was 9.76 *m/s²*, results in Fig.4.

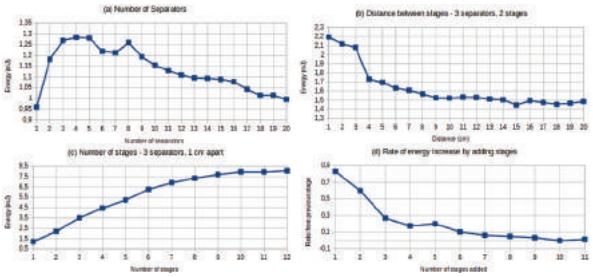


Figure 4 – Energies (clockwise) number of separators, distance between stages, rate of increase by adding stages and number of stages.

▸ Conclusions

In the set studied, there's a peak were the difference in potential can be harnessed, at 5 separators; 1 cm is preferable between stages; twelve stages seems to be close to the point where no more energy can be gained by adding stages as it can be seen in the graph. The GG deserves further studies with other sets since the ideal conditions attained might change with more powerful magnets, new effects might come up and there's a lot of room for further theoretical treatment [1] and many new explorations are possible.

▸ Bibliography

[1] RABCHUK J.A..The Gauss Rifle and Magnetic Energy.The Physics Teacher, 41, AAPT. 2003.

[2] SERWAY R.A, JEWETT, J.W..Principles of Phy-sics. 4th Edition, Thomson, 2006

▸ Acknowledgements

To Prof. Jeroen Schoenmaker, for all his insightfulness and enthusiasm, UFABC and our lab technicians. Thank you all!

TWO SMARTPHONES TALKING DOPPLER

Diego S. V. Gonçalves, Emílio Q. G. Silva, Gustavo B. de Azevedo, Gustavo Urbani, Heloisa R. Xavier, Karen F. Dias, Letícia C. Abreu, Marcela S. Teruel, Rafael da S. Prado.
Professor: Jeroen Schoenmaker, (CECS)
***Campus*: Santo André**

Abstract

The Doppler Effect is described as a physical phenomenon observed when the waves issued or reflected by an object that is moving in relation to the observer. This principle can be applied in various situations involving waves, used from radars, to evidence that the universe is expanding, through the analysis of the redshift. Based on the theoretical understanding of this phenomenon, an experiment was performed, with the occurrence of the Doppler Effect in a circular motion. By observing the behavior of the obtained data, it was possible to trace the relationship between the variables involved - in which case: the distance between source and receiver, and the time required for the apparatus to cease the circular motion - expanding the analysis of this information for the development of equations that describes the physical phenomenon of energy dissipation. Something interesting to be highlighted is the application of technological devices of particular use in the practice of experimental physic, breaking down the barriers between the scientific world and daily life, showing the ability to easily create a "pocket lab".

▸ Introdução

The Doppler Effect is a famous study of one of the mechanical and electromagnetic wave phenomena. This effect relates to the variation of frequency through the distance, and how such variation is perceptible to human ears, in the case of sound waves. This project aims to exemplify through data and graphics collections, how the Doppler Effect behaves in a circular motion, and data that can be obtained in this movement.

▸ Objective

Using the frequency data obtained, estimate: the angular velocity, the time required until the apparatus to cease its movement, and energy dissipated by the system; also, to demonstrate the innovative application of other technological devices, used daily, in practical physics experiments.

▸ Methodology

Using an HD, woods and a smartphone as a sound source, it was constructed an apparatus (wood) that rotates around a fixed axis (HD) emitting a sound frequency predetermined in one end. Another smartphone was used as a frequency counter positioned at different distances from the apparatus, for obtaining distinct graphics. By filming the movement, it was able to obtain a more accurate data (plotted on graphs) by the application "frame by frame" that provided the possibility to see the video in more detail. After various attempts, the group received the data necessary to produce the graphs and data analysis.

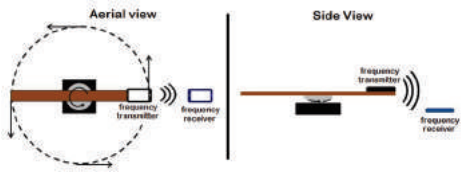


Figura 1 – Rotation mechanism.

▸ Results and discussions

To start, the graph Frequency by Time is asymmetrical as the distance between the transmitter and the receiver decreases, that way if that distance increases symmetry is emerging, as can be seen in the two figures obtained.

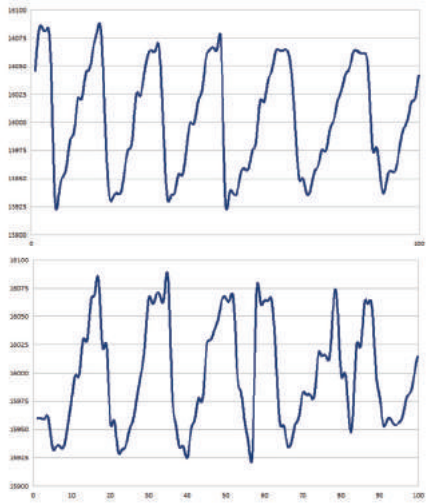


Figura 2 – Graph symmetric behavior – Smaller (above) and Higher (bellow) distance.

Analyzing the "frame by frame", the apparatus ceases its motion about the "framework" 707 (equivalent to 78.5 seconds), characterizing the experimental time data. To calculate the theoretical time, a linear trend approach is used, interconnecting all the maximum and minimum points in two different functions plotted in a new graph. With the passage of time, these two functions tend to be increasingly closer to the point where they cross each other. It is exactly at this point, that a time projection in which the apparatus has theoretically ceased can be determined. Equating the two functions obtained, it was revealed that the movement ceases in the "frame" 667 (~ 74 seconds). Comparing the theoretical results with the experimental data, there is a margin of error of about 5 seconds. Therefore, it is plausible to conclude that it is possible to determine with certain precision the time in which the apparatus should no longer have angular momentum, just drawing a trend line that describes the behavior of maximum and minimum frequency values.

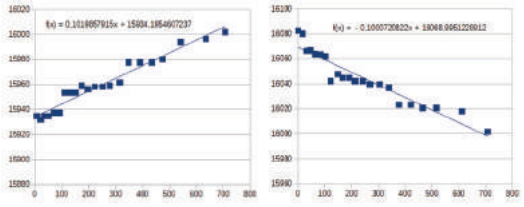


Figura 3 – Graphical trend line

Another observation was made concerning the energy that is dissipated during the circular motion, it can be calculated through the speed, using the Doppler formula $F0 = Ff * (\frac{v}{v \pm vf})$, and then the kinetic energy calculation with the mass of the apparatus. The value is 1159,65 J.

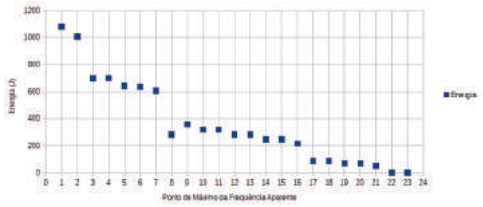


Figura 4 – Power dissipation

▸ Conclusion

In general aspects, the experiment uses only objects easily accessible and does not require laboratory to be fulfilled. This makes room for a possible use of experiments of this kind in public and technical schools, since the cost is very low, the approach is inviting, and the results obtained, as well as very interesting, can span multiple physical phenomena. Finally, within such a vast subject as the Doppler Effect, it was possible to disentangle a simple experiment, and analyze three important aspects of physics: energy, time and distance. An important point is also the fact that every person with the ability to acquire a mobile device can carry a potential lab inside your pocket, and is able to develop scientific knowledge.

▸ References

[1] Saba, Marcelo M. F; Rosa, Rafael Antônio da S. - The Doppler Effect of a Sound Source Moving in a Circle. The physics teacher, vol.41, Feb. 2003. Available in: http://www.researchgate.net/publication/43655034_The_doppler_effect_of_a_sound_source_moving_in_a_circle

[2]http://200.17.141.35/egsantana/ondas/acustica/doppler1/doppler1.htm. Access date: 07/06/2015 20:37hrs

[3]http://www.physicsclassroom.com/class/waves/Lesson-3/The-Doppler-Effect. Access date: 07/13/2015 18:13hrs

▸ Acknowledgement

We thank the Professor Jeroen Schoenmaker for the mentoring and patience throughout this process. Also, Rachel and Nathalia for the support given during extracurricular trips to the lab.