



Prova experimental

Quinta-feira, 25 de Julho de 2002

Por favor, ler estas instruções antes de iniciar a prova:

1. O tempo disponível para a prova experimental é de 5 horas.
2. Utilizar apenas o material de escrita que lhe for fornecido.
3. Utilizar apenas um dos lados das folhas de papel.
4. Iniciar cada parte do problema numa folha separada.
5. Para cada questão, além das **folhas de resposta** onde pode escrever, há também **folhas de sumário** onde *deve* fazer um resumo dos resultados que obteve. Os resultados numéricos devem ser escritos com o número de algarismos significativos apropriado.
6. Escrever nas **folhas de resposta** os resultados de todas as suas medidas e tudo o mais que considerar relevante para a resolução da questão. Por favor, utilizar o *mínimo de texto*; deverá procurar exprimir-se sobretudo com equações, números, figuras e gráficos.
7. Preencher as caixas no topo de cada folha de papel que utilizar, registando o país (**Country**), o seu número de estudante (**Student No.**), o número da questão (**Experiment No.**) e numere cada página (**Page No.**), indicando ainda o número total de folhas usadas para cada questão (**Total Pages**). Escrever o número da questão e a secção a que está a responder no início de cada folha de papel. Se usar folhas de rascunho que não deseje que sejam corrigidas, marque-as com uma grande cruz sobre a folha e não as inclua na sua numeração.
8. No final da prova, ordenar as folhas *pela seguinte ordem*:
 - folhas de sumário
 - folhas de resposta, ordenadas
 - as folhas que não desejar que sejam corrigidas
 - as folhas não utilizadas e o enunciado da prova.

Colocar todas as folhas dentro do envelope e deixar tudo sobre a sua mesa. Não lhe é permitido retirar da sala *quaisquer* folhas de papel ou material usado na experiência.

9. Todas as escalas marcadas no papel para fazer gráficos ou nos aparelhos de medida (no tubo de ensaio, por exemplo) são da mesma unidade arbitrária, mas *não estão calibradas* em milímetros.
10. Esteja ciente de que a experiência de electrólise é demorada. É permitido resolver as duas questões (questão 1 e questão 2) em qualquer ordem ou mesmo simultaneamente.

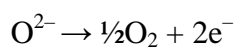
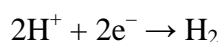
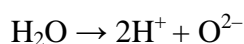
Utilizar os seguintes símbolos na sua resposta:

<i>Aceleração da gravidade</i>	g	<i>Temperatura absoluta</i>	T
<i>Pressão</i>	P	<i>Frequência</i>	f
<i>Frequência angular</i>	ω	<i>Período de oscilação</i>	T_{osc}
<i>Altura</i>	h	<i>Velocidade da luz</i>	c
<i>Comprimento de onda</i>	λ	<i>Índice de refração</i>	n
<i>Massa</i>	m	<i>Constante dos gases perfeitos</i>	R
<i>Trabalho mecânico</i>	W	<i>Comprimento</i>	l
<i>Diâmetro</i>	d	<i>Corrente eléctrica</i>	I
<i>Carga eléctrica</i>	q	<i>Carga eléctrica do electrão</i>	e
<i>Constante de Boltzmann</i>	k_B	<i>Raio</i>	r
<i>Volume de gás</i>	V_g	<i>Diferença de potencial</i>	V

I. Determinação da razão e/k_B por um processo electrolítico

Teoria

A electrólise da água é descrita pela seguinte reacção química:



A reacção ocorre quando se faz passar uma corrente eléctrica através de um par de eléctrodos imersos em água. Podemos assumir que os gases produzidos na reacção são ideais.

Um dos gases produzidos na reacção é recolhido num tubo de ensaio marcado com uma escala arbitrária. Medindo a carga total transferida e o volume de gás no tubo de ensaio, a razão e/k_B pode ser determinada, onde e é a carga do electrão e k_B é a constante de Boltzmann.

Para o efeito, esta experiência está dividida em duas partes:

Parte A: Calibração da escala arbitrária do tubo de ensaio usando um método mecânico. Este resultado será usado na Parte B.

Parte B: Determinação da razão e/k_B através da electrólise da água.

Não é obrigatório efectuar as duas experiências (Parte A e Parte B) por esta ordem.

Valores que deverão ser assumidos para algumas grandezas físicas:

- Aceleração da gravidade, $g = 9,78 \pm 0,01 \text{ m/s}^2$
- Razão entre os diâmetros interno e externo do tubo de ensaio, $\alpha = 0,82 \pm 0,01$

Os valores locais da temperatura e pressão atmosférica, T e P , serão fornecidos pela organização.

Lista de equipamento necessário (partes A e B):

- Tubo de ensaio marcado com escala arbitrária
- Fios condutores de cobre, isolados, com 3 diâmetros diferentes
 1. Castanho, de grande diâmetro
 2. Castanho, de pequeno diâmetro
 3. Azul
- Fonte de tensão regulada (0 – 60 V, máx. 1 A)
- Um recipiente de plástico e uma garrafa de água
- Um bloco de latão com uma pinça de plástico para fixar o eléctrodo sem deteriorar o isolamento do fio
- Um cronómetro digital
- Um multímetro (tenha o cuidado de o usar de forma correcta)
- Um suporte para tubo de ensaio em madeira para manter o tubo vertical
- Uma pipeta
- Um suporte vertical
- Um frasco de tinta branca para marcar
- Um X-acto
- Uma tesoura
- Um rolo de fita-cola
- Uma esfera de aço
- Uma placa de aço inoxidável para ser usada como eléctrodo

Todas as escalas marcadas no papel para fazer gráficos ou nos aparelhos de medida (no tubo de ensaio, por exemplo) são da mesma unidade arbitrária, mas *não estão calibradas* em milímetros.

Procedimento experimental

Parte A: Calibração da escala arbitrária do tubo de ensaio

- Utilizar um método mecânico para converter a escala arbitrária impressa no tubo de ensaio numa escala métrica.
- Escrever a equação que permite relacionar as grandezas a serem medidas com a escala arbitrária impressa no tubo de ensaio e fazer um esquema da montagem experimental que utilizou.
- Efectuar as medidas necessárias e analisá-las de modo a calibrar a escala arbitrária do tubo de ensaio.

Parte B: Determinação da razão e/k_B

- Montar a experiência de electrólise utilizando o tubo de ensaio para recolher um dos gases produzidos na reacção.
- Deduzir a equação (ver folha de sumário) que relacione as grandezas: tempo t , corrente eléctrica I e diferença do nível de água Δh , medidas na experiência.
- Efectuar as medidas necessárias e analisar os dados obtidos. Pode-se considerar, de forma a simplificar a análise, que a pressão do gás no interior do tubo de ensaio se mantém constante ao longo da experiência.
- Determinar o valor da razão e/k_B .

Country	Student No.	Experiment No.	Page No.	Total Pages

3. Efectuar as medidas e apresentá-las do seguinte modo: grandezas físicas, valores, unidades. **[1,0 pontos]**

4. Avaliar a qualidade da calibração representando num gráfico a relação entre duas grandezas físicas medidas independentemente. Indicar os limites de validade da calibração. **[0,5 pontos]**

Country	Student No.	Experiment No.	Page No.	Total Pages

5. Determinar o valor, em milímetros, da menor unidade da escala arbitrária. Estimar a incerteza (erro) desse valor. [**1,5 pontos**]

Country	Student No.	Experiment No.	Page No.	Total Pages

PARTE B

1. Esquema da montagem experimental. **[1,0 pontos]**

2. Deduzir a expressão:

$$I \Delta t = \frac{e}{k_B} \frac{2P(\pi r^2)}{T} \Delta h$$

[1,5 pontos]

Country	Student No.	Experiment No.	Page No.	Total Pages

3. Efectuar as medidas e apresentá-las do seguinte modo: grandezas físicas, valores, unidades. **[1,0 pontos]**

4. Determinar o valor de e/k_B e estimar a incerteza (erro) desse valor. **[1,5 pontos]**

II. Caixa óptica mistério

Descrição

Nesta experiência pretende-se identificar quais são os elementos ópticos contidos dentro de uma caixa cúbica. A caixa está selada e tem apenas duas aberturas estreitas protegidas por uma cobertura de plástico vermelho. Os elementos ópticos devem ser identificados através dos fenómenos ópticos observados no decorrer da experiência. O efeito das coberturas de plástico deve ser ignorado.

O eixo da caixa é uma linha que atravessa os centros das duas aberturas. Além das coberturas de plástico há três outros elementos ópticos (que podem ser idênticos ou não) dentro da caixa. Estes elementos podem ser:

- Espelho, plano ou esférico
- Lente, com distância focal positiva ou negativa
- Placa (lâmina) transparente de faces planas e paralelas
- Prisma
- Rede de difracção

Os elementos ópticos transparentes são feitos de um material que tem, para o comprimento de onda usado, um índice de refração de 1,47.

Lista de equipamento necessário:

- Um ponteiro LASER (comprimento de onda: 670 nm). **CUIDADO: NÃO OLHAR DIRECTAMENTE PARA O FEIXE LASER.**
- Um banco de óptica
- Um cubo (que é a caixa misteriosa)
- Uma plataforma para colocar o cubo em qualquer ponto do banco de óptica
- Um ecrã que pode ser fixado a um dos extremos do banco de óptica ou removido para outras medidas
- Uma folha de papel de gráficos que pode ser colada ao ecrã com fita-cola
- Um suporte vertical com uma pinça (utilizado também na Questão Experimental I)

Notar que todas as escalas marcadas no papel para fazer gráficos são da mesma unidade arbitrária, mas *não estão calibradas* em milímetros.

Questões

Identificar cada um dos três elementos e determinar as suas características, de acordo com a tabela seguinte:

Possível elemento óptico	Características a determinar
Espelho	Raio de curvatura e ângulo entre o eixo do espelho e o eixo da caixa
Lente *	Distância focal, positiva ou negativa e a sua posição no interior da caixa
Placa transparente de faces paralelas	Espessura e ângulo entre a placa e o eixo da caixa
Prisma	Ângulo do prisma e ângulo entre um dos lados deflectores do prisma e o eixo da caixa
Rede de difracção *	Separação das linhas, orientação das linhas em relação à direcção das fendas e a sua posição no interior da caixa

* Assumir que o(s) plano(s) da(s) rede(s) de difracção e da(s) lente(s) é (são) perpendicular (es) ao eixo da caixa.

Escrever os valores das características de cada elemento óptico (por exemplo, distância focal, raio de curvatura) em milímetros, micrómetros ou na escala do papel gráfico.

Não é necessário determinar as incertezas dos resultados.

Country	Student No.	Experiment No.	Page No.	Total Pages

FOLHA DE SUMÁRIO

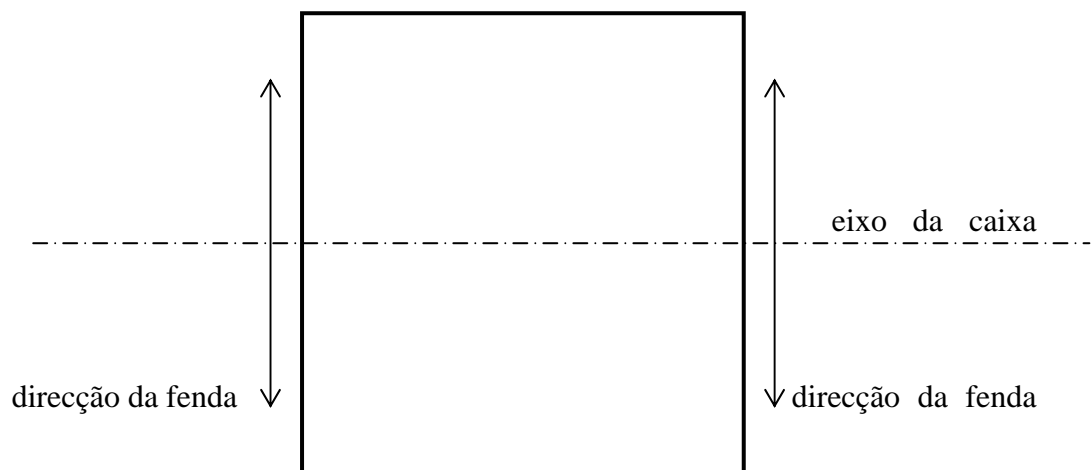
1. Escrever os tipos dos elementos ópticos que estão dentro da caixa:

no.1. [0,5 pontos]

no.2. [0,5 pontos]

no.3. [0,5 pontos]

2. A figura seguinte representa a caixa mistério vista de perfil. Representar nesta figura um esquema que indique a localização dos três elementos ópticos dentro da caixa. Neste esquema, designar os elementos ópticos pelo número atribuído na alínea acima. [0,5 pontos por cada posição correcta]



Country	Student No.	Experiment No.	Page No.	Total Pages

3. Recorrendo a diagramas adicionais, indicar detalhadamente como estão colocados os elementos ópticos da alínea 2, incluindo informação sobre a orientação (indicando ângulos) ou a direcção dos elementos e as distâncias dos elementos ópticos às fendas. [***1,0 pontos***]

Country	Student No.	Experiment No.	Page No.	Total Pages

4. Para o elemento óptico nº 1: escrever os valores medidos [**0,5 pontos**], deduzir as expressões que permitem determinar as suas características (com o auxílio de um esquema) [**1,0 pontos**], calcular essas características e escrevê-las na caixa mais abaixo. [**0,5 pontos**]

Nome do elemento nº 1	Característica

Country	Student No.	Experiment No.	Page No.	Total Pages

5. Para o elemento óptico nº 2: escrever os valores medidos [**0,5 pontos**], deduzir as expressões que permitem determinar as suas características (com o auxílio de um esquema) [**1,0 pontos**], calcular essas características e escrevê-las na caixa mais abaixo. [**0,5 pontos**]

Nome do elemento nº 2	Característica

Country	Student No.	Experiment No.	Page No.	Total Pages

6. Para o elemento óptico nº 3: escrever os valores medidos [**0,5 pontos**], deduzir as expressões que permitem determinar as suas características (com o auxílio de um esquema) [**1,0 pontos**], calcular essas características e escrevê-las na caixa mais abaixo. [**0,5 pontos**]

Nome do elemento nº 3	Característica