



# **Instrumentação para o ensino-F-809**

## **Relatório Final**

### **Canhão Ecológico – Liberação de Energia e Balística**

**Aluna: Domenique Velloso Netto**



**Orientador: Prof. David Soares**

## Resumo:

Nesse trabalho estudamos o lançamento de um projétil que usa, para tal lançamento, a energia proveniente de uma eletrólise. Começamos fazendo a separação da água em hidrogênio e oxigênio por meio da eletrólise. Com os gases separados em dois compartimentos diferentes, tomamos uma certa quantidade de oxigênio e uma outra quantidade de hidrogênio e colocamos ambos os gases no compartimento de lançamento. Quando fazemos isso, temos apenas a mistura dos dois gases, e não a água. Para obtê-la, demos que dar uma certa energia ao sistema para que as moléculas possam se ligar. Mas além disso, quando elas se ligam há a liberação de uma quantidade de energia suficiente para fazer o projétil sair de sua “base” e percorrer uma distância. A teoria utilizada, os procedimentos experimentais, valores utilizados, medidas obtidas e problemas encontrados estão descritos em maiores detalhes no que se segue.

## Procedimentos Experimentais:

Primeiramente, fizemos a eletrólise da água. O material utilizado para tal foi uma pequena cuba de vidro na qual colocamos uma solução de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) 0,5 molar. Apesar de a concentração ser baixa, conseguimos realizar a eletrólise com sucesso com a vantagem de não correremos tanto risco quanto se trabalhássemos com uma concentração alta. Na tampa da cuba, que possui alguns furos, ajustamos duas seringas plásticas nas quais os gases serão armazenados. Pelos outros furos, passamos os fios que darão a diferença de potencial responsável pela eletrólise. Um dos fios é aterrado e outro ligado a uma fonte de alta tensão contínua e variável. A outra ponta de cada fio é colocada dentro de cada uma das seringas, para que os gases, provenientes da eletrólise fiquem armazenados nas seringas. Utilizamos também um voltímetro e um amperímetro para observarmos a voltagem a partir da qual começa a eletrólise. A segunda etapa desse processo, razão principal desse relatório, é a utilização desses gases para o lançamento de um projétil. Para isso, já temos montado um suporte e o “disparador”, que também consiste de uma seringa plástica, mas de maior volume. Usamos como projétil o próprio pistão da seringa, mas sem a borracha preta que não permite o deslizamento. Nessa seringa temos também dois pequenos furos por onde entram os fios do faiscador. Para fazermos a transferência dos gases provenientes da eletrólise para o disparador, temos uma pequena mangueira de borracha que é mantida fechada no bico da seringa-disparador. No momento da passagem, encaixamos o bico da agulha na seringa-reservatório, retiramo-la da tampa, retiramos o líquido para deixarmos somente os gases e encaixamos o bico da agulha na mangueira. Abrimos então a mangueira e injetamos o gás fechando-a em seguida. Por último, disparando o faiscador temos a reação de formação da água, reação esta que libera energia suficiente para expulsar o projétil (pistão) da seringa-disparador e fazê-lo parar longe desta. Essa é a descrição geral do experimento em termos de seus equipamentos e etapas a serem seguidas. Vamos agora descrever a parte teórica destacando os pontos onde devemos tomar alguns cuidados e os pontos de dificuldade encontrados durante a montagem e realização do experimento.

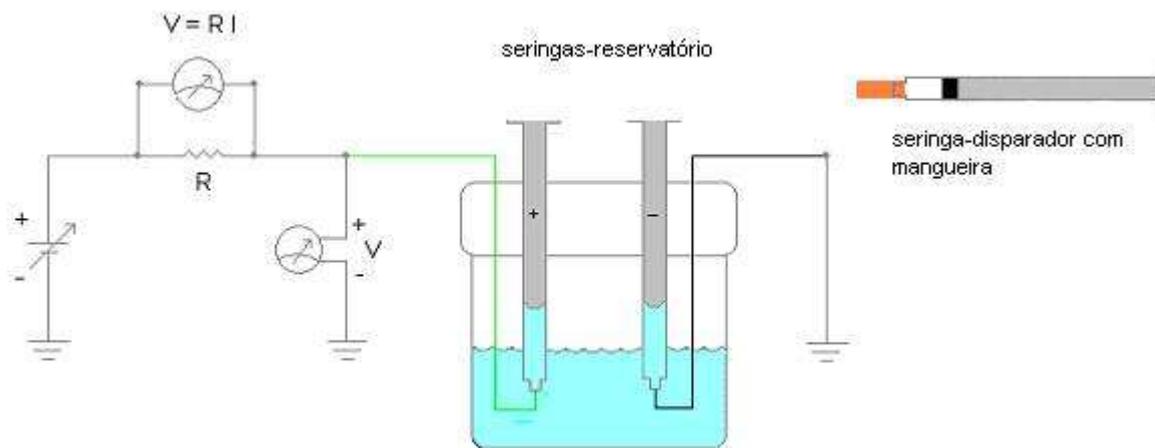


Fig.1- Esquema geral do aparato experimental. A seringa disparador fica num suporte que não foi representado pois destacamos somente o importante e o que foi construído por nós.

## Teoria:

Para a realização da eletrólise, é necessário que acidulemos a água ou adicionemos algum sal para que, com a aplicação de uma diferença de potencial entre os dois fios, possamos ter íons que vão conduzir corrente pela água. Essa corrente é a responsável por levar os íons até os eletrodos para que neles ocorra reações de oxidação ou redução (doação ou recebimento de elétrons, respectivamente). Optamos pelo uso de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pois, quando decomposto, forma  $2\text{H}^+$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  que permanecem em solução, de forma que os únicos gases formados são o hidrogênio e o oxigênio. Já o sal de cozinha ( $\text{NaCl}$ ) traz o inconveniente de, quando decomposta, formar  $\text{H}_2(\text{g})$ ,  $\text{Cl}_2(\text{g})$  e  $\text{NaOH}$ , ou soda cáustica. Assim, não conseguimos obter o oxigênio e não temos como formar água, já que os gases provenientes são o hidrogênio e o cloro. Além disso a soda cáustica é um produto bastante corrosivo e que portanto, oferece perigo em seu manuseio. Já o ácido clorídrico ( $\text{HCl}$ ) é bem mais forte que o  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , o que também traz risco ao seu manuseio e sua reação de decomposição leva a  $\text{H}_2(\text{g})$  e  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , novamente. Outro problema encontrado foi com relação ao fio utilizado. Observamos que o hidrogênio é formado com grande rapidez, ao contrário do oxigênio. Isso porque, além do oxigênio ser muito solúvel em água, o que faz com que parte do dele se perca, ele também reage com o cobre oxidando o cobre e corroendo este. Assim, precisamos usar um fio que não reaja facilmente com o oxigênio, ou um eletrodo inerte, como é o caso de um fio de platina. Outra dificuldade que também encontramos foi com o posicionamento dos fios dentro das seringas. Eles precisam ficar um pouco mais internos pois, caso contrário, as bolhas de  $\text{H}_2$  e  $\text{O}_2$  que se formam ao redor dos fios, acabam por impedir a passagem de água entre o ambiente interno e o externo a seringa. Assim não há condução de corrente e o processo para. Outra questão também é com relação a corrente a ser passada. Pelos nossos cálculos, para que tenhamos a produção de  $1 \text{ cm}^3$  em 100s (pouco mais de 1 minuto e meio), precisamos fazer passar uma corrente de 0,1 amp. Quanto menor a corrente, maior o tempo de dissociação desta mesma quantidade. Em seguida, cuidados necessários que devemos ter são, basicamente, evitar a perda de gás. Portanto, é necessário cuidado na hora de tirar o excedente de água da seringa (no momento da passagem do gás do reservatório para o disparador). Além disso, é interessante manter a seringa-reservatório em sua posição original

no trajeto entre a cuba e o disparador. Isso porque, apesar de o bico da agulha ter um buraco muito pequeno, se o viramos para cima o gás tende a sair devido ao fato de ser muito leve. Outro cuidado a ser tomado é que a mangueira seja bem justa em seus encaixes (com o bico da seringa-disparador e com o bico da agulha da seringa-reservatório) para evitar que o gás saia por esses encaixes. Além disso é importante também manter a mangueira fechada enquanto não houver transferência de gás.

Discutindo agora a parte de liberação de energia, temos que, quando colocamos o hidrogênio e o oxigênio no disparador, não temos logo a formação da água. O que temos é uma mistura dos dois gases. Isso porque, para que o hidrogênio e o oxigênio se liguem formando a água, é necessário darmos uma quantidade de energia para que seja ultrapassada a “barreira energética” (barreira de potencial) que separa o estado de mistura de gases do da água. Para entendermos isso, observemos a figura abaixo:

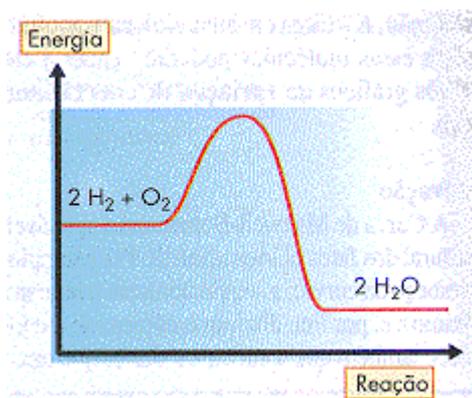
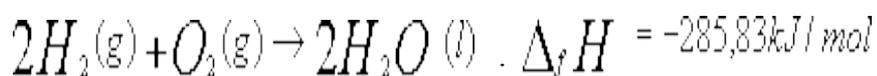


Fig. 2-A elevação no gráfico é a barreira de energia

Para ultrapassarmos essa barreira é que utilizamos o faiscador. Ele consiste, basicamente, de um fio aterrado e outro ligado a uma fonte de alta tensão. Esse fio não fica permanentemente ligado a alta tensão. Existe uma chave para ligar e desligar esse contato. Quando ela é ligada, é estabelecida uma diferença de potencial entre os dois fios. Mas a d.d.p. é tão grande que, mesmo havendo ar entre eles (o ar atmosférico tem alta permissividade elétrica, o que o torna péssimo condutor), há a passagem de corrente entre um fio e outro na forma de uma faísca. Em termos dos gases, essa d.d.p. alta significa energia dada a eles, uma vez que energia é:

$$E = eV$$

onde  $e$  é a carga do elétron e  $V$  é a voltagem, ou d.d.p. aplicada. Com essa energia, ultrapassamos a barreira. Mas, observando novamente a figura, vemos que o estado energético da água é menor que o da mistura de gases. Isso significa que, uma vez ultrapassada a barreira, temos liberação de energia. Em termos químicos o que temos é:



onde  $\Delta_f H$  é a entalpia padrão de formação. Ou seja, para cada mol de água formada, temos a liberação de 285,83 kJ!!! Mas, tendo em vista que 1mol de gás nas CNTP (condições normais de temperatura e pressão, ou seja, a 25° C e pressão de 1 atm) equivale a 22,4l, o volume dado em litros de n moles pode ser calculado por:

$$V = 22,4n$$

Levando em conta que se usarmos 2ml de gás hidrogênio, na verdade temos apenas  $8,9 \cdot 10^{-5}$  moles. Observando a lei de proporções entre o hidrogênio, o oxigênio e a água na reação da água (2 partes de hidrogênio para 1 parte de oxigênio para 2 partes de água), teremos  $8,9 \cdot 10^{-5}$  moles de água. Fazendo a proporção entre esse número de moles e o citado acima (1 mol para 285,83 kJ), encontramos uma energia de 25 J para o valor utilizado. Ou seja, para esse número de mols temos a liberação de apenas 25 J. Considerando que para a conservação de energia devemos levar em conta o peso da coluna de ar, temos:

$$E = mgh + p_{\text{atm}} Ah$$

onde m é a massa do pistão (projétil), h é a altura máxima atingida,  $p_{\text{atm}}$  é a pressão atmosférica e A é a área do pistão.

Se tivermos os seguintes dados:

- $m = 4,3 \text{ g}$
- $p_{\text{atm}} = 1 \text{ atm} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- $A = \pi(0,9)^2 \text{ cm}^2$

teremos  $h = 0,98 \text{ m}$

Em termos de energia cinética, podemos calcular a velocidade inicial  $v_0$  com que o projétil é lançado e a partir daí, utilizando a equação do alcance no movimento oblíquo:

$$a = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha$$

onde a é o alcance e  $\alpha$  é o ângulo de inclinação do lançamento, podemos calcular o seu alcance. Além disso, podemos calcular o tempo que o projétil demora para percorrer esse espaço, pela equação:

$$t_a = 2 \frac{v_0 \operatorname{sen} \alpha}{g}$$

Com isso, podemos fazer um estudo das principais grandezas no movimento oblíquo. Grandezas como a altura máxima e o tempo para se chegar nela são muito difíceis de serem medidas devido a rapidez do movimento. Uma opção de tentativa seria se utilizar uma luz estroboscópica e um papel quadriculado ao fundo.

Alguns problemas enfrentados pela teoria simples que desenvolvemos aqui são: a questão do atrito e do escapamento de gás e da resistência do ar. O primeiro está ligado ao grande dilema: se tentamos diminuir muito o atrito, evitando que o projétil fique muito agarrado às paredes do disparador, acabamos caindo no problema de escapamento do gás pelo espaço entre o pistão e o disparador. Porém, se tentamos evitar perda de gás, acabamos perdendo energia por atrito do pistão com as paredes laterais do disparador. Algumas medidas podem ser tomadas nesse sentido, como o uso de um material liso para projétil, que escorregue com facilidade e pelo uso de vaselina, mas ainda assim esses problemas não serão eliminados. O outro problema é com respeito a resistência do ar que está ligado ao peso e forma do projétil. Esses foram problemas encontrados por nós durante a montagem e realização do experimento.

### Conclusão:

Com esse experimento, apesar de seus problemas e cuidados que precisam ser tomados para seu funcionamento, pudemos rever e/ou aprender vários conceitos relacionados tanto a química quanto a física. Até mesmo as partes que exigem cuidados vão nos lembrando coisas que talvez passassem despercebidas por um olhar menos atento. O interessante é que além da parte didática dos conceitos, ele nos traz a chance de comentarmos com alunos porque não podemos fazer um lançamento de um foguete real, da Terra, com velocidade inicial igual a velocidade de escape, porque determinados materiais podem ser usados como eletrodos e outros não, além de promover uma maior integração entre duas matérias tão amedrontadoras para alunos de 2º grau: a química e a física. Tudo através de um experimento que a princípio pode parecer uma brincadeira, mas que na verdade está cheia de coisas a ensinar.