

## Química “À volta da Lua” (de Júlio Verne)



O autor francês Júlio Verne publicou, em 1870, o livro “À volta da Lua” no qual descreve as aventuras dos tripulantes de um projétil numa viagem à Lua.

O autor explora como se lidaria com problemas como a propulsão, o fornecimento de oxigénio e a contaminação da atmosfera por dióxido de carbono, isto cerca de um século antes da primeira viagem espacial à Lua.

A atividade é baseada no workshop do Dr. Bernhard Sturm (Neues Gymnasium Oldenburg – Alemanha) apresentado em 2013 na ESA Summer Workshop for Teachers, Noordwijk, Holanda.

A obra “All around the Moon” está disponível, em inglês e como e-book do Projeto Gutenberg, em:

[www.gutenberg.org/files/16457/16457-h/16457-h.htm](http://www.gutenberg.org/files/16457/16457-h/16457-h.htm).

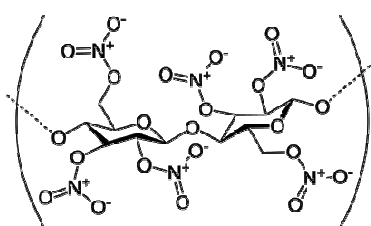
Os excertos que aqui se apresentam são do livro “À volta da Lua” da edição de 2011 da Bertrand Editora, Lda.

## Propulsão

---

“E estamos enclausurados numa bala, no fundo de um canhão de novecentos pés! E, por baixo desta bala, acumulam-se quatrocentas mil libras de algodão-pólvora, o equivalente a um milhão e seiscentas mil libras de pólvora comum!” (página 19)

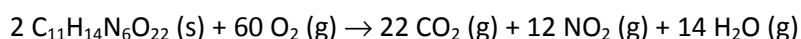
“Subitamente, produziu-se um choque estrondoso, e o projétil, sob o impulso de seis bilhões de litros de gases desenvolvidos pela deflagração do piróxilo, elevou-se no espaço.” (página 20)



O método de propulsão descrito no livro envolve a combustão de 400.000 libras de algodão-pólvora (cerca de 180 toneladas). O algodão-pólvora, nitrocelulose ou piróxilo é um composto inflamável obtido pela nitratação da celulose (normalmente algodão em contacto com ácido nítrico).

Este exemplo pode ser usado como uma aplicação do cálculo da entalpia de reação. Recorrendo a valores tabelados\* é possível calcular a entalpia da reação que fornece a energia para propulsionar o projétil na direção da Lua.

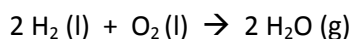
A reação de combustão pode ser escrita pela seguinte equação química:



A variação de entalpia pode ser calculada usando a energia de dissociação das ligações interatômicas dos reagentes e produtos:

$$\begin{aligned} \Delta H^0 &= \sum D^0_{(\text{reagentes})} - \sum D^0_{(\text{produtos})} \\ &= 50.208 \text{ kJ/mol} - 55.440 \text{ kJ/mol} = -5.232 \text{ kJ/mol} = 4,404 \text{ kJ/g (piróxilo)} \end{aligned}$$

Atualmente utilizam-se hidrogénio e oxigénio líquidos como fonte de energia para propulsão de foguetões.



A variação de entalpia da reação é maior, por unidade de massa de hidrogénio.

$$\begin{aligned} \Delta H^0 &= \sum D^0_{(\text{reagentes})} - \sum D^0_{(\text{produtos})} \\ &= 1.370 \text{ kJ/mol} - 1.852 \text{ kJ/mol} = -452 \text{ kJ/mol} = -113 \text{ kJ/g (hidrogénio)} \end{aligned}$$

\* [http://www.wiredchemist.com/chemistry/data/bond\\_energies\\_lengths.html](http://www.wiredchemist.com/chemistry/data/bond_energies_lengths.html)

## Abastecimento de oxigénio

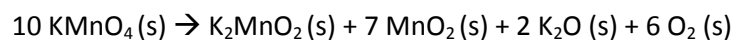
---

“O aparelho de Reiset e Regnaut, destinado à produção de oxigénio, estava abastecido de clorato de potassa suficiente para dois meses.” (página 44)

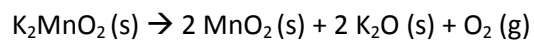


O clorato de potassa ou clorato de potássio ( $\text{KClO}_3$ ) é um oxidante que por ação do calor é decomposto com libertação de oxigénio. Por uma questão de segurança, este não deve ser utilizado na experiência a seguir descrita, mas pode ser substituído por permanganato de potássio. Ao aquecer num tubo de ensaio cerca de 1 g de  $\text{KMnO}_4$ , o sólido reage e dá-se a libertação de oxigénio por ação do calor que pode ser detetada introduzindo um objeto incandescente no tubo.

Para temperaturas  $< 240\text{ }^\circ\text{C}$ :



Para temperaturas  $> 240\text{ }^\circ\text{C}$ :



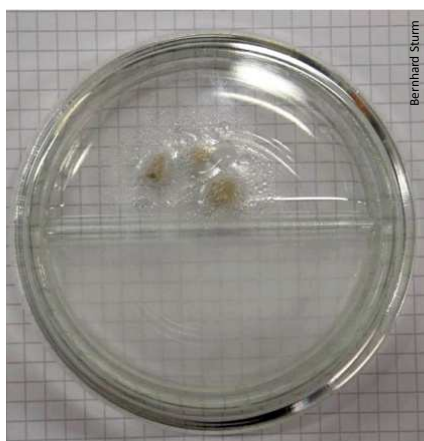
Atualmente a fonte de oxigénio utilizada é simplesmente oxigénio líquido armazenado em garrafas.

## Remoção de dióxido de carbono

---

“Mas não bastava renovar o oxigénio gasto, tornava-se ainda necessário absorver o ácido carbónico produzido pela expiração. (...) No fundo do projétil, colocou vários recipientes contendo potassa cáustica, depois de bem agitada; esta matéria, muito ávida de ácido carbónico, absorveu-o completamente, purificando, assim, o ar interior.”  
(página 44)

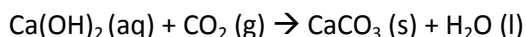
A potassa cáustica, ou hidróxido de potássio (KOH), é um composto corrosivo e uma base forte que reage com o dióxido de carbono. Esta reação origina produtos solúveis pelo que se propõe uma experiência ligeiramente diferente, mas que também ilustra como é possível remover dióxido de carbono por ação de uma base.



A experiência requer uma caixa de Petri com duas divisões e uma tampa. Numa das divisões colocam-se pedaços de calcário ou mármore aos quais é adicionado ácido clorídrico de concentração  $1 \text{ mol/dm}^3$ . O dióxido de carbono produzido simula a respiração dos tripulantes.



Na outra divisão coloca-se uma solução de hidróxido de cálcio. O hidróxido de cálcio reage com o dióxido de carbono originando carbonato de cálcio, que precipita.



A solução de hidróxido de cálcio torna-se turva. A divisão da caixa de Petri que contém esta solução torna-se opaca devido à reação que remove o dióxido de carbono. A evolução da reação é mais fácil de acompanhar se a caixa de Petri for colocada sobre uma folha quadriculada ou sobre um retroprojektor.

Atualmente o processo de remoção do dióxido de carbono é distinto. A Estação Espacial Internacional contém um sistema CDRA (Carbon Dioxide Removal Assembly) que usa zeólitos para remover o dióxido de carbono do ar.