

# TERMODINÂMICA E TEORIA CINÉTICA

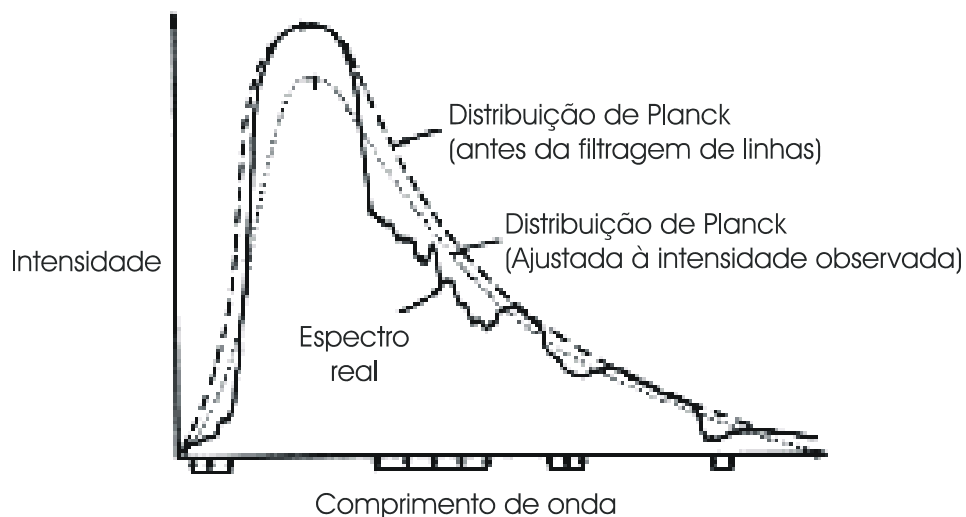
## T10 - Radiação do corpo negro

### 1. OBJECTIVO

Verificar que a potência radiativa de um corpo negro varia com a quarta potência da temperatura do corpo.

### 2. INTRODUÇÃO TEÓRICA

Qualquer corpo com uma temperatura diferente de 0 K emite radiação electromagnética. Quais são os comprimentos de onda da radiação emitida? Para responder a esta questão podemos analisar o espectro de radiação do sol:



O espectro apresenta variações abruptas. Essas variações resultam da absorção que o sol faz da sua própria radiação.

A energia de um electrão de um átomo de hidrogénio é dada pela fórmula de Bohr:

$$E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ (eV)}$$

Se um electrão tem o número quântico principal igual a um, sua energia é de  $-13.6 \text{ eV}$ . Qualquer fóton incidente com energia igual ou superior a  $13.6 \text{ eV}$  poderá libertar este electrão. A energia do electrão livre é dispendida em colisões múltiplas com outras partículas. O electrão pode ainda indirectamente perder parte da sua energia na produção de outros fótons, pode, por exemplo:

- ▶ sofrer uma aceleração e emitir um fóton
- ▶ excitar ou ionizar outro átomo. O reajustamento dos electrões no átomo dão origem a radiação característica.

Qualquer que seja o processo de perda de energia do electrão, o balanço é o seguinte: tínhamos um fóton de energia  $E$  que foi convertido, quando muito, em vários fótons de menor energia. Ou seja, o espectro foi alterado.

Como curiosidade podemos deduzir quais os átomos constituintes do corpo emissor pelo padrão de absorções.

Um **corpo negro** consiste numa abstracção teórica de um corpo que teria as seguintes propriedades:

- ▶ Toda a radiação nele incidente é **completamente absorvida** seja qual for o seu comprimento de onda.
- ▶ O seu espectro de emissão é aquele que teria um corpo que **não absorvesse qualquer parte da sua radiação emitida**.

Max planck criou um modelo que prevê qual seria o espectro de emissão de um corpo negro. Se o sol fosse um corpo negro o seu espectro de emissão seria aquele representado na figura pela linha tracejada.

A melhor aproximação a um corpo negro é uma pequena abertura na parede de um recipiente. Qualquer radiação que incida sobre o orifício fica presa no interior do recipiente com infima probabilidade de escapar para o exterior através de sucessivas reflexões. O buraco absorve portanto toda a radiação que sobre ele incide, i.e., tal como um corpo negro.

No caso do interior do recipiente estar em equilíbrio à temperatura  $T$ , sabe-se que a potência radiativa  $P_i$  que uma dada área da parede interior recebe é igual à que esta emite  $P_e$  (princípio de *balanço detalhado*). Isto significa que a potência incidente e a potência emitida são, na situação de equilíbrio, iguais ( $P_i = P_e$ ).

No nosso caso em que se fez um orifício no recipiente e de acordo com o que se acabou de dizer, podemos considerar o orifício como um emissor de radiação de corpo negro. A potência total emitida por unidade de área é dada pela seguinte expressão,

$$P_e = \sigma T^4, \quad \text{onde } \sigma = \frac{\pi^2 k^4}{60 c^2 \hbar^3}$$

chamada a Lei de Stefan-Boltzmann e que se encontra deduzida em anexo.

É objectivo deste trabalho verificar o comportamento da variação da potência radiativa com a quarta potência da temperatura.

### 3. MATERIAL NECESSÁRIO

1. Uma bancada óptica
2. Emissor de radiação de corpo negro
3. Sonda de temperatura (termo-par) e mostrador digital
4. Detector de radiação térmica (Pilha termoelétrica de Moll)
5. Voltímetro com amplificador de ganho  $10^5$  para o detector de radiação
6. Filtro com material refractário e com tubos de borracha para refrigeração
7. Fonte e vasadouro de água

## 4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1. Monte o emissor de radiação de corpo negro aproximadamente a meio da banca óptica sobre o seu descanso próprio. Este emissor terá uma tomada que lhe permitirá ligá-lo à corrente e assim iniciar o seu aquecimento, no entanto só faça esta ligação depois de toda a montagem estar feita e alinhada.
2. A parte traseira do emissor contém uma entrada onde pode colocar a sonda da temperatura (um termo-par). Esta sonda pode ser fixada na sua posição através de uma garra igualmente fixa sobre a banca óptica.
3. A sonda de temperatura deve ser ligada a um mostrador digital que converterá a diferença de tensão no termopar directamente em graus Cécius.
4. A cerca de 40 cm do emissor coloque a Pilha termoeléctrica de Moll; um detector de radiação térmica constituído por 16 termopares ligados em série.
5. O detector deve ser ligado a um amplificador com um ganho de cerca de  $10^5$  e a um voltímetro.
6. A meia distância entre o emissor e o detector coloque o filtro com o lado de material refractário virado para o emissor e concavidade virada para o receptor. Este filtro serve para absorver o calor na forma de vibrações das partículas do ar que o emissor excita.
7. O topo superior do filtro deve ser ligado através de um tubo de borracha a uma fonte de água corrente e o topo inferior através de outro tubo deve desaguar num vasadouro de água.
8. Alinhe tão preciso quanto possível estes três componentes de modo a que o eixo do emissor coencida com o centro do orifício do filtro e com o eixo do detector.
9. Ligue a fonte de água, ligue o emissor à corrente, este começará a aquecer. Tabele o valor da voltagem induzida no detector de  $5^\circ\text{C}$  em  $5^\circ\text{C}$  entre  $100^\circ\text{C}$  e  $300^\circ\text{C}$  e durante o arrefecimento entre  $300^\circ\text{C}$  e  $100^\circ\text{C}$ .

## 5. QUESTIONÁRIO

TURMA: \_\_\_\_\_ GRUPO: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

1. Explique por suas palavras a função do filtro com material refractário.
2. Descreva o procedimento utilizado para calcular explicitamente o expoente de  $T$  com base nos resultados experimentais.
3. Calcule este expoente e o erro associado.
4. Que conclusões se podem tirar após a realização deste trabalho?
5. Que melhorias proponhe para o procedimento?