

18 Radiação de corpo negro

A lei de Stefan permite calcular a potência irradiada por unidade de área da superfície de um corpo negro à temperatura T :

$$R(T) = \sigma T^4$$

onde σ é uma constante. Se a temperatura for dada em kelvin (K) e a radiância em watts por metro quadrado (W/m^2), então $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$.

O formulário abaixo calcula a radiância de um corpo, considerando a sua temperatura e a sua área. Nos exercícios, são apresentadas também a lei de Wien e a lei de Planck para a radiação do corpo negro, da qual tanto a lei de Stefan quanto a lei de Wien podem ser deduzidas.

exemplo-18-1.html

```
<script>
<!--
function calcRad(frm) {
    var temp = parseFloat(frm.temp.value);
    var area = parseFloat(frm.area.value);
    var rad = 5.67e-8 * Math.pow(temp,4) * area;
    frm.rad.value = rad.toFixed(0);
}
//-->
</script>

<form name="radiacao">

<table>
<tr>
    <td>Temperatura:</td>
    <td><input name="temp" type="text" size="3" value="300"></td>
    <td> K</td>
</tr>
<tr>
    <td>Área:</td>
    <td><input name="area" type="text" size="3" value="1"></td>
    <td>m<sup>2</sup></td>
</tr>
```

```

</tr>
<tr>
  <td colspan="3">
    <input type="button" value="OK" onClick="calcRad(radiacao)">
  </td>
</tr>
<tr>
  <td>Radiância:</td>
  <td><input name="rad" type="text" size="3" value=""></td>
  <td>W</td>
</tr>
</table>

</form>

```

exemplo-18-2.html

```

<script>
<!--
function calcRad() {
  var temp = parseFloat(document.getElementById("temp").value);
  var area = parseFloat(document.getElementById("area").value);
  var rad = 5.67e-8 * Math.pow(temp,4) * area;
  document.getElementById("rad").value = rad.toFixed(0);
}
//-->
</script>

<table>
<tr>
  <td>Temperatura:</td>
  <td><input id="temp" type="text" size="3" value="300"></td>
  <td> K</td>
</tr>
<tr>
  <td>Área:</td>
  <td><input id="area" type="text" size="3" value="1"></td>
  <td>m<sup>2</sup></td>
</tr>
<tr>
  <td colspan="3">
    <input type="button" value="OK" onClick="calcRad()">
  </td>
</tr>
<tr>
  <td>Radiância:</td>
  <td><input id="rad" type="text" size="3" value=""></td>
  <td>W</td>
</tr>
</table>

```

Resultado:

Temperatura: K
 Área: m²

OK
Radiância: <input type="text" value="459"/> W

Os dois scripts acima funcionam de maneira semelhante e produzem os mesmos resultados, no sentido de que quem usa os scripts não vê qualquer diferença em seu funcionamento. No primeiro script, é utilizado um *formulário*, delimitado por `<form>...</form>`, e o acesso aos elementos interativos é feito utilizando seu nome (`name`). No segundo script, não há formulários e o acesso aos elementos interativos é feito através da identificação única (`id`) do elemento dentro do documento.

No primeiro script, o elemento `<form>` tem o atributo `name`, que é o nome do formulário e que poderá ser usado para acessar o conteúdo dos elementos do formulário. O formulário contém uma tabela com quatro linhas. As duas primeiras linhas têm três células, sendo que a primeira e a última células destas linhas estão preenchidas com texto comum. As células centrais estão preenchidas com os elementos `<input>`. A terceira linha contém apenas uma célula distribuída pelas três colunas; seu conteúdo é um elemento `<input>` do tipo `button`. A quarta linha é semelhante às duas primeiras e reserva um espaço para o resultado do cálculo.

Quando o botão do formulário é acionado (`onClick`), é chamada a função `calcRad`, que recebe como parâmetro o nome do formulário (`radiacao`), que armazena na sua variável interna `frm`. A função `calcRad` utiliza esta variável para acessar os valores dos elementos do formulário: quando precisa do valor da temperatura, busca-o com `frm.temp.value`; quando precisa da área, busca-a com `frm.area.value`. Note o modo como é estruturada a referência à variável: dentro do objeto `frm` há o objeto `area`, que tem a propriedade `value`, e pontos separando os nós desta seqüência. A seguir, a função calcula o valor da radiação segundo a equação de Stefan e multiplica-a pela área do corpo. Novamente, utiliza o nome do formulário, agora para colocar o valor calculado no elemento `<input>` destinado à saída do resultado, formatado para não ter casas decimais (`frm.rad.value = rad.toFixed(0)`).

O segundo script é muito semelhante ao primeiro. As exceções são:

- O script não contém um formulário.
- Os elementos interativos não têm um `name`, mas um `id`.
- A função `calcRad` não recebe qualquer parâmetro.
- A referência aos elementos interativos, tanto para entrada quanto para saída de dados, é feita utilizando o método `getElementById()` do objeto `document`.

A escolha de um ou outro método é uma questão de gosto e de estratégias na organização de um documento. O uso do `id` para referenciar um objeto é bastante genérico (qualquer elemento HTML pode ter um `id` e ser acessado, inclusive um formulário) e os formulários fornecem mais um elemento de organização estrutural do documento. Dependendo de sua complexidade, pode ser interessante utilizar as duas formas simultaneamente.

Exercícios

- A lei de Wien relaciona a temperatura T ao comprimento de onda $\lambda_{\text{máx}}$ com o máximo de emissão de radiação. Se a temperatura for dada em kelvin (K) e o comprimento de

onda em metros (m), a lei de Wien é expressa como:

$$\lambda_{\text{máx}}T = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

Esta relação é frequentemente utilizada para definir a *temperatura de cor* de um objeto. Implemente um formulário que receba como entrada o comprimento de onda com o máximo de emissão em nanômetros (10^{-9} m) e retorne a temperatura do objeto, em graus centígrados.

2. O corpo humano é, aproximadamente, um corpo negro a uma temperatura superficial de aproximadamente 36°C e, como tal, emite radiação para o ambiente segundo a lei de Stefan. O ambiente, por sua vez, também funciona aproximadamente como um corpo negro à temperatura T_{amb} . Em termos de volume e área superficial, o corpo humano pode ser aproximado por um cilindro de altura H e raio R , onde $R = 1/15 H$. Faça um script que, dada a altura de um indivíduo, sua temperatura e a temperatura do meio, calcule e apresente em um formulário a potência líquida trocada com o meio. Qual a potência líquida transferida ao meio por um ser humano nu em um ambiente a 0°C ? E se o ambiente estiver a 22°C ?

$$T_{\text{cpo}} = \text{36} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{amb}} = \text{0} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$H_{\text{cpo}} = \text{1.8} \text{ m}$$

OK

$$P_{\text{líq}} = \text{274} \text{ W}$$

3. A potência irradiada por um corpo negro, por unidade de área e por unidade de comprimento de onda, é dada pela lei de Planck:

$$\rho(\lambda) = (2\pi hc^2 \lambda^{-5}) / (e^{hc/\lambda kT} - 1)$$

onde λ é o comprimento de onda da radiação emitida, em metros, T a temperatura em kelvin e $\rho(\lambda)$ é a radiância para cada comprimento de onda, medida em $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{m}$ (energia por unidade de tempo, por unidade de área e por unidade de comprimento de onda). As constantes $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J·s, $c = 3,00 \times 10^8$ m/s e $k = 1,38 \times 10^{-23}$ J/K são a constante de Planck, a velocidade da luz no vácuo e a constante de Boltzmann, respectivamente.

- a. Faça um script que calcule $\rho(\lambda)$ a uma temperatura T para valores de λ e T especificados pelo usuário. Você deve chegar a um script extremamente semelhante ao da lei de Stefan mostrado como exemplo, exceto pela equação utilizada.

$$\text{Temperatura: } \text{300} \text{ K}$$

$$\lambda: \text{500e-9} \text{ m}$$

OK

$$\rho(\lambda): \quad \boxed{0.00} \quad \text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{m}$$

- b. Modifique o script desenvolvido no item anterior de modo que imprima uma tabela com os valores de $\rho(\lambda)$ para temperaturas de 100 K, 300 K, 1000 K, 5000 K e 50000 K e comprimentos de onda variando de 200 nm (ultravioleta) a 2000 nm (infravermelho), de 200 em 200 nanômetros.

λ	$T = 100 \text{ K}$	$T = 300 \text{ K}$	$T = 1000 \text{ K}$	$T = 5000 \text{ K}$	$T = 50000 \text{ K}$
200	0.0	1.8e-95	2.0e-22	2.1e+3	1.2e+9
400	4.0e-149	8.4e-45	2.7e-8	9.1e+4	1.2e+8
600	7.6e-98	2.7e-28	0.00059	1.3e+5	2.6e+7
800	2.2e-72	3.2e-20	0.057	1.1e+5	8.8e+6
1000	3.2e-57	1.7e-15	0.69	7.4e+4	3.7e+6
1200	3.5e-47	2.1e-12	3.1	5.0e+4	1.8e+6
1400	4.5e-40	2.9e-10	7.9	3.4e+4	1.0e+6
1600	9.0e-35	1.1e-8	15	2.4e+4	6.0e+5
1800	1.1e-30	1.7e-7	22	1.7e+4	3.8e+5
2000	2.0e-27	0.0000014	29	1.2e+4	2.5e+5

- c. Utilize um canvas para fazer um gráfico de $\rho(\lambda)$ para $T = 5000 \text{ K}$ (aproximadamente a temperatura da superfície do Sol).

