

Instrumenta o e Sensores

Aula 09 - Sensores de Temperatura – Parte 1

Apresentação

Nesta aula serão introduzidos os conceitos sobre a variável de processo temperatura. Abordaremos a compreensão sobre o que é temperatura, as suas escalas e respectivas unidades mais usadas e como relacioná-las. Em seguida, abordaremos os principais métodos mecânicos de medição de temperatura na indústria.

Objetivos

- Definir o que é temperatura.
- Listar as escalas existentes de Temperatura e suas unidades.
- Identificar o valor de uma temperatura e convertê-la em outra escala.
- Avaliar como funcionam os principais tipos de medidores mecânicos de temperatura.
- Estabelecer um medidor mecânico de temperatura para determinada aplicação.

Temperatura

Temperatura é um parâmetro físico cujo valor depende do estado do corpo ou substância em relação ao ambiente em que ele está inserido, e não de suas dimensões. Se um corpo A está em equilíbrio térmico com B, diz-se que eles têm a mesma temperatura.

Para melhor entendimento, vejamos o exemplo a seguir:

Exemplo

Paulo pegou duas pedras: uma grande e outra pequena. Em seguida, pegou uma vasilha com água e colocou um termômetro nela. Após alguns minutos viu que a coluna vermelha no termômetro subiu e parou no número 27. Então, pegou a pedra menor e colocou dentro da vasilha, observando que a coluna aumentou para o número 27,5 e que, depois, voltou aos 27. Retirou a pedra menor, pôs a maior e ficou observando: a coluna subiu até 28 e depois desceu, voltando a 27. Ele percebeu que, nos dois casos, a coluna do termômetro dentro da água sempre voltava a 27 e que isso significava algo. Ele logo entendeu que se desconsiderasse tudo ao redor e considerasse apenas a água e as duas pedras, elas estavam em equilíbrio térmico e, portanto, tinham a mesma temperatura entre si. Por isso, após algum tempo, sempre era visto o número 27 na coluna do termômetro.

As escalas de medição

Já foi descrito o que significa, de forma sucinta, a temperatura em um corpo em relação aos demais ao redor dele. Agora, o que significa aquele número 27 que Paulo observou? É sabido que praticamente tudo ao nosso redor pode ser, de

alguma forma, mensurado: desde sua massa na balança da farmácia ou sua altura, até o número de pães comprados na padaria. Com a temperatura não seria diferente.

A temperatura usa como padrão científico, de acordo com o sistema internacional de unidades (SI), o Kelvin (K). Agora, o que Paulo viu foi 27 K? A resposta é não. Embora o padrão no SI seja o K, as unidades utilizadas no dia a dia são os graus Celsius (°C) e Fahrenheit (°F). Dependendo do país em que se viva, uma ou outra escala é utilizada como padrão ou como mais usual. Existem outros tipos de escalas ao redor do mundo, no entanto essas são as predominantes.

Como estamos no Brasil, a escala que Paulo viu foi a Celsius. Logo, foram 27°C. O número significa que a temperatura estava 27 graus acima da temperatura de congelamento da água, que é 0°C, por convenção. Porém, se Paulo viajasse para outro país e visse do lado do termômetro um valor como 40°F, ele não precisaria se desesperar. É possível converter esse valor para Celsius utilizando a fórmula abaixo:

$$TC = \frac{5}{9} \times (TF - 32)$$

Onde:

TC - Temperatura em Celsius

TF - Temperatura em Fahrenheit

Efetuando os cálculos:

$$TC = \frac{5}{9} \times (40 - 32)$$

$$TC = 4,4$$

Obtemos que 40°F equivale a 4,4°C e que Paulo estaria tremendo de frio se não estivesse bem agasalhado, já que esta temperatura é próxima à temperatura de congelamento da água! E se fosse na escala Kelvin, quanto seria? Para a escala Kelvin, temos:

$$Tk = Tc + 273,15$$

Onde:

Tk – Temperatura em Kelvin

Substituindo o valor 4,4 °C onde tem Tc, obteríamos $Tk = 277,15$ K. Agora que já vimos como relacionar as escalas de temperaturas Celsius e Fahrenheit, veremos como é feito para obter as medidas na indústria.

Atividade 01

1. Converta:

1. 30 °C em °F
2. 100 °F em °C
3. 350 °C em °F
4. 0 °C em °F

Para verificar suas respostas, [clique aqui](#).

Respostas

$$1. \quad TC = \frac{5}{9} \times (TF - 32) \Rightarrow TF = \left(\frac{9}{5} \times TC \right) + 32 = 86 \text{ } ^\circ F$$

$$2. \quad TC = \frac{5}{9} \times (TF - 32) \cong 37,78 \text{ } ^\circ C$$

$$3. \quad TF = \left(\frac{9}{5} \times TC \right) + 32 = 662 \text{ } ^\circ F$$

$$4. \quad TF = \left(\frac{9}{5} \times TC \right) + 32 = 32 \text{ } ^\circ F$$

A medição da temperatura na indústria

A medição de temperatura na indústria pode ser realizada por meio de diversos métodos. Os principais são:

- Indicadores Cromáticos
- Indicadores Pirométricos
- Medidores tradicionais (termômetros bimetálicos, termômetros de haste de vidro, sistema de Bulbo- Capilar)
- Termômetro de Resistência (bulbo de resistência de fio metálico, termistores)
- Termopar
- Pirômetros de radiação

A seguir, serão apresentados esses métodos de medição e suas configurações. É necessário que você tenha em mente que existem mais formas de medição e que é necessário buscar mais fontes para um melhor entendimento sobre normas de instalações e orientações sobre suas características.

Indicadores Cromáticos

Os indicadores cromáticos são tinturas utilizadas em equipamentos ou estruturas como, reatores – para indicar, através da mudança de cor, quando chegarem à determinada temperatura. A indicação da temperatura ocorre numa faixa mais baixa do que a temperatura que colocaria as instalações e as pessoas em risco. Dessa forma, há tempo para que todos se retirem ou realizem as operações necessárias para que tudo volte ao normal. A faixa de aplicação deste método é de 50 °C a 1300 °C e o erro obtido pode chegar a ± 10 °C.

Indicadores pirométricos

São pequenas peças cerâmicas que, ao chegarem a determinadas faixas de temperatura, começam a se deformar. São normalmente utilizadas em grupos, nos quais a variação de temperatura suportada por sucessivas pirâmides é da ordem de 20°C. Esse valor muda de fabricante para fabricante, porém ficam em torno disso. Esses indicadores são utilizados em diversas faixas de temperatura, podendo ser aplicados em fornos acima de 1000°C.

Figura 01 - Cone pirométrico. Cada um representa uma faixa de temperatura.



Fonte: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Seegerkegel.jpg>. Acesso em: 2 abr. 2013.

O link abaixo se refere ao vídeo de um ceramista explicando como funciona o cone pirométrico:

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=kG8kMQ_bUY

Acesso em: 14 mar. 2013.

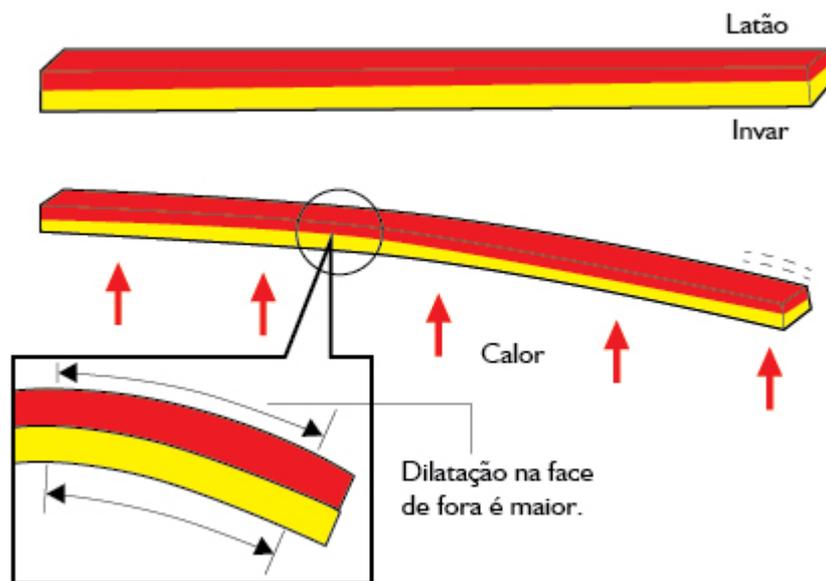
Indicadores tradicionais

A seguir, serão introduzidos os medidores de temperatura que, no cotidiano, podem ser encontrados com facilidade em locais como hospitais e residências, além de terem seu uso estendido também ao ambiente industrial.

Termômetros bimetálicos

O princípio de funcionamento é simples: dois metais com coeficientes de dilatação térmica diferentes são unidos. Com o aumento da temperatura, um metal tende a se alongar mais que outro, causando, assim, uma deformação que força um dos metais a se inclinar para o lado do que se dilata menos.

Figura 02 - Representação da dilatação do bimetal



Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/0000011375.jpg>. Acesso em: 3 abr. 2013.

As partes do termômetro a bimetal são: o sensor, em contato direto com a temperatura; os elos mecânicos, para amplificar mecanicamente os movimentos gerados pela variação da temperatura, detectada pelo bimetal e, por fim, a escala, acoplada diretamente aos elos mecânicos para a indicação da temperatura medida. Opcionalmente, pode-se usar o sistema de transmissão eletrônico.

As vantagens do bimetálico são:

- baixo custo;
- simplicidade do funcionamento;
- facilidade de instalação e de manutenção;
- largas faixas de medição;
- possibilidade de ser usado com os mecanismos de transmissão.

Por outro lado, as desvantagens são:

- precisão ruim;
- não linearidade de indicação;
- grande histerese;
- presença de peças móveis que se desgastam;
- facilidade de perder calibração.

Figura 03 - Representação de termômetro bimetálico.



Fonte: Araujo (2011).

Termômetros de Haste de vidro

Em um termômetro com haste de vidro, a variação volumétrica ocorrida no fluido é vista na variação na temperatura. Este termômetro foi o primeiro sistema de expansão termal fechado e foi conhecido desde o século XVIII, quando Gabriel Daniel Fahrenheit investigava a expansão do mercúrio.

O termômetro de vidro é constituído de bulbo sensor, haste de vidro com escala graduada, tubo capilar interno e fluido de enchimento. O bulbo sensor é a parte sensível do termômetro e deve ser colocado no local onde se quer medir a temperatura. A maior parte do fluido fica no bulbo.

A haste de vidro possui um tubo capilar interno, no qual o fluido irá se expandir. Embora o bulbo e o tubo capilar possam ser do mesmo material, é mais conveniente usar um vidro com bom fator de estabilidade para o bulbo e, para o capilar, um vidro fácil de ser trabalhado.

Para garantir a precisão do termômetro de vidro, o tubo capilar deve ter uma área anelar uniforme ou, então, o termômetro deve ser calibrado em muitos pontos.

O fluido de enchimento pode ser líquido ou gás. Os líquidos mais usados são:

- Álcool ;
- Pentano;
- Éter;
- Mercúrio, linear e com fator de expansão de $0,005\%/^{\circ}\text{C}$. Assim, o volume do bulbo deve ser cerca de 10.000 vezes o volume do capilar entre duas marcações separadas por $0,5^{\circ}\text{C}$.

O espaço acima da coluna de mercúrio até o topo selado da escala é evacuado, mas pode ser preenchido com gás inerte seco, como nitrogênio, para aumentar a faixa de medição de temperatura.

As vantagens do termômetro de vidro são:

- baixo custo;
- simplicidade;
- grande duração, se manipulado corretamente.

As desvantagens, por sua vez, são:

- leitura difícil;
- confinamento ao local de medição;
- não adaptável para transmissão, registro ou controle automático;
- susceptível de quebra, pois é de vidro frágil.

Característica importante do termômetro de haste, principalmente do clínico, é uma restrição colocada no tubo capilar que evita a volta do fluido para o bulbo quando a temperatura baixa. Esta restrição torna o termômetro um indicador de máximo. Assim, para possibilitar a leitura de qualquer temperatura, deve-se zerar ou *resetar* o termômetro, sacudindo-o antes do uso.

Figura 04 - Termômetro de vidro com mercúrio de uso clínico.



Fonte: <http://www.magazineluiza.com.br/PortaldaLu/verConteudo.asp?id=7712>. Acesso em: 3 abr. 2013.

Figura 05 - Termômetro de vidro para máquinas.



Fonte: http://www.wika.com.br/32_pt_br.WIKA. Acesso em: 3 abr. 2013.

Atividade 02

1. Pesquise e informe quais os metais usados no termômetro bimetálico.
2. Escreva as vantagens e desvantagens do termômetro de vidro.

Para verificar suas respostas, [clique aqui](#).

Respostas

1. Latão, ferro, cobre.
2. As vantagens do termômetro de vidro são:
 - baixo custo;
 - simplicidade;
 - grande duração, se manipulado corretamente.

As desvantagens, por sua vez, são:

leitura difícil;

confinamento ao local de medição;

não adaptável para transmissão, registro ou controle automático;

susceptível de quebra, pois é de vidro frágil.

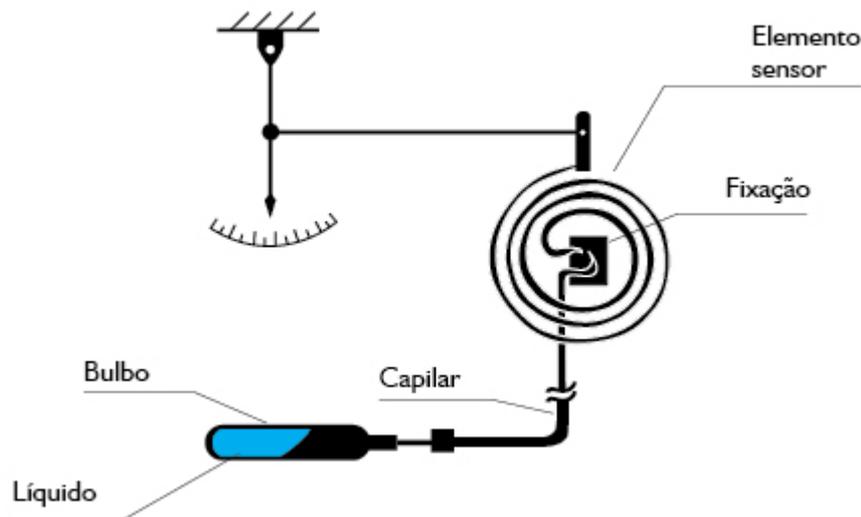
Sistema de Bulbo- Capilar

É um sistema onde um bulbo(reservatório) que quando aquecido o fluido em seu interior se dilatará através de um capilar até chegar ao sensor.

Termômetro de Líquido com Capilar Metálico

Este termômetro é constituído por um bulbo de metal ligado a um capilar metálico e a um elemento sensor. Neste caso, o líquido preenche todo o instrumento e, com uma variação da temperatura, se dilata, deformando elasticamente o elemento sensor. A este elemento sensor é acoplado um ponteiro que pode girar livremente sobre uma escala graduada. Como a relação entre a deformação do elemento sensor e a temperatura é proporcional, este instrumento nos fornece uma leitura linear.

Figura 06 - Termômetro de líquido com bulbo metálico.



Fonte: Freire (2013).

Tipos de metais utilizados na construção do termômetro de líquido

- Bulbo - suas dimensões variam de acordo com a sensibilidade desejada e também com o tipo de líquido utilizado na aplicação. Os materiais mais usados para sua confecção são aço inoxidável, chumbo, monel e cobre.
- Capilar - suas dimensões também são variáveis, sendo que o seu comprimento máximo é de 60 metros para líquidos orgânicos e de 15 metros para enchimento com mercúrio. Normalmente é confeccionado em aço, chumbo ou cobre.
- Elemento sensor - os materiais mais usados para sua confecção são: aço inoxidável e bronze fosforoso.

No caso de utilizar o mercúrio como líquido de enchimento, o material do bulbo capilar e sensor não podem ser de cobre ou liga do mesmo. Como líquido de enchimento emprega-se mercúrio, xileno, tolueno ou outros, por terem alto coeficiente de expansão.

Tipos de líquido de enchimento

Dentre outros, o mercúrio é o mais utilizado, pois permite medir ampla faixa de temperatura (a diferença entre o ponto de ebulição e o de solidificação é grande) e também porque apresenta baixo coeficiente de atrito. A Tabela 1, a seguir, apresenta a faixa de utilização dos principais líquidos de enchimento.

Líquido	Faixa de Utilização
Mércurio	-38 °C a 550 °C
Xileno	-40 °C a 400 °C
Tolueno	-80 °C a 100 °C

Tabela 1 – Líquidos de enchimento e suas faixas de temperatura.

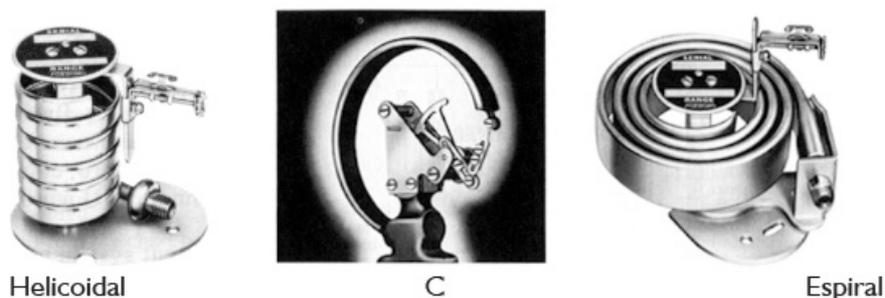
Fonte: Freire (2013)

A faixa de utilização dos líquidos ultrapassa os limites do ponto de ebulição porque o recipiente é preenchido sob pressão elevada (aproximadamente 40 atm).

Tipos de elemento sensor

Basicamente, três tipos de elementos sensores podem ser utilizados para medição de temperatura neste tipo de instrumento:

Figura 07 - Elementos sensores.



Fonte: Freire (2013).

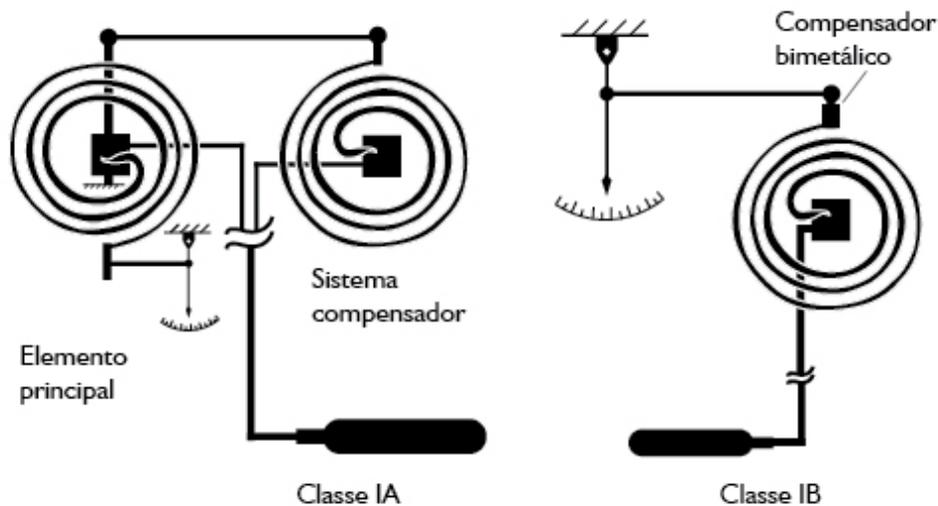
A escolha entre um deles se dará em função da precisão exigida e da faixa de medição requerida. Entre os três, a ordem para maior precisão se dá por: espiral, helicoidal e tipo C. O princípio de funcionamento é o mesmo. O fluido aquecido proveniente do bulbo ao se expandir através do capilar, chegará ao tubo de bourdon provocando a dilatação de suas partes, que farão o ponteiro do mostrador exibir a temperatura correspondente.

Pelo fato de se utilizar um líquido inserido num recipiente e da distância entre o elemento sensor e o bulbo ser considerável, as variações na temperatura ambiente afetam não somente o líquido no bulbo, mas todo o sistema (bulbo, capilar e sensor), causando erro de indicação ou registro. Este efeito da temperatura ambiente é compensado de duas maneiras, que são denominadas classe IA e classe IB.

Na classe IB, a compensação é feita somente na caixa do sensor através de uma lâmina bimetálica ou de um espiral de compensação (figura 8 (b)). Este sistema é normalmente preferido por ser mais simples e por ter respostas mais rápidas, porém, o comprimento máximo do capilar desse tipo é de, aproximadamente, 6 metros.

Quando a distância entre o bulbo e o instrumento é muito grande ou quando se deseja alta precisão, utilizam-se instrumentos da classe IA, nos quais a compensação é feita na caixa e no capilar (compensação total - figura 8 (a)). Neste caso, a compensação é feita por meio de um segundo capilar, ligado a um elemento de compensação idêntico ao da medição, sendo os dois ligados em oposição. Este segundo capilar tem seu comprimento idêntico ao capilar de medição, porém não está ligado ao bulbo.

Figura 08 - Sistema de compensação da temperatura ambiente no instrumento.



Fonte: Freire (2013).

Termômetro a Pressão de gás

Os termômetros a pressão de gás baseiam-se na lei de Charles e Gay-Lussac que diz: “sob volume constante, a pressão exercida por uma determinada massa gasosa é diretamente proporcional à sua temperatura absoluta”.(FELTRE, 2001, p. 208)

A equação que expressa matematicamente esta lei é:

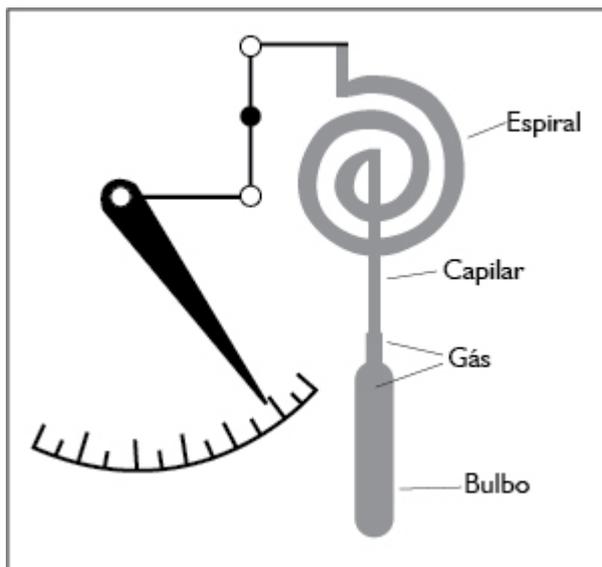
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \dots = \frac{P_n}{T_n}$$

$P_1; P_2; \dots ; P_n$ = pressão absoluta do gás

$T_1; T_2; \dots ; T_n$ = temperatura absoluta do gás

Sua construção é praticamente idêntica a dos termômetros de líquido com capilares metálicos, no entanto o bulbo é geralmente grande, a fim de obter maior força.

Figura 09 - Representação de termômetro a gás com bulbo metálico.



Fonte: Freire (2013).

Figura 10 - Imagem de um termômetro a gás instalado.



Fonte: <http://dc179.4shared.com/doc/I5HDBGqd/preview.html>. Acesso em: 4 abr. 2013.

Os tipos de metais utilizados na construção de termômetro de gás são:

- a. Bulbo e capilar: aço, aço inoxidável, cobre, latão e monel.

b. Elemento de medição: cobre berílio, bronze fosforoso, aço e aço inoxidável.

Tipos de gás de enchimento

Como gases de enchimento, utilizam-se normalmente nitrogênio, hélio, neônio ou dióxido de carbono (CO₂). Porém, por ser inerte e mais barato, o nitrogênio é o gás mais utilizado. A faixa de medição varia de acordo com o gás de enchimento, sendo o seu limite inferior determinado pela temperatura crítica do gás e seu limite superior, pelo tipo de capilar. A Tabela 2 apresenta a faixa de utilização dos principais gases de enchimento:

Gás de enchimento	Temperatura crítica(°C)	Faixa de utilização(°C)
Nitrogênio (N ₂)	-147,1	-130 a 550
Hélio	-267,8	-260 a 550
Dióxido de carbono (CO ₂)	31,1	30 a 550

Tabela 2 – principais gases de enchimento e suas temperaturas.

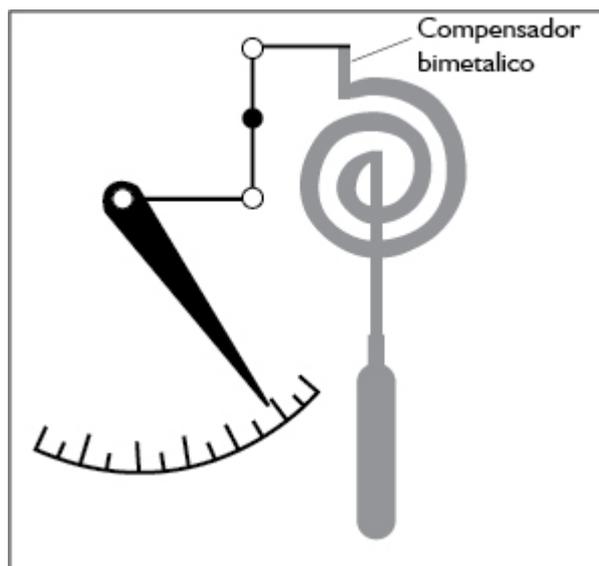
Fonte: Freire (2013)

Tipos de sensores

Este sistema utiliza os mesmos tipos de sensores que o termômetro de líquido com capilar metálico, ou seja, os tipos Bourdon, espiral e helicoidal.

Devido ao grande volume do bulbo, a relação entre seu volume e o do capilar é considerável, sendo, então, desprezíveis as variações de pressão com a temperatura. Por isso, não é necessário efetuarmos a compensação total, no entanto a compensação na caixa às vezes se faz necessária, sendo feita por um bimetal fixado ao espiral, conforme figura abaixo (o instrumento é denominado classe III).

Figura 11 - Termômetro à gás com bimetálico.



Fonte: Freire (2013).

É utilizado em algumas indústrias para indicação, registro e controle, pois permite leituras remotas e apresenta um tempo de resposta pequeno. É o sistema mecânico de medição de temperatura que apresenta resposta mais rápida.

Recomendações

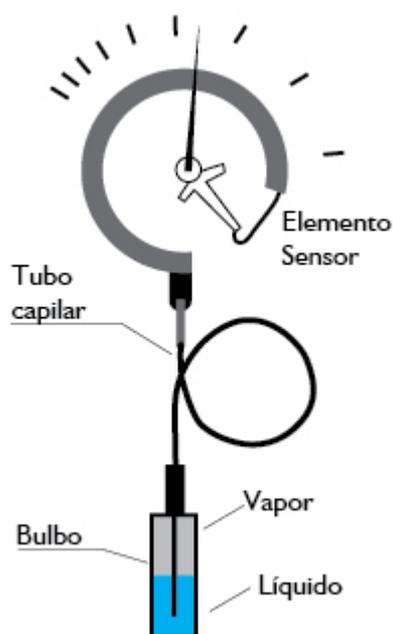
- Instalar o bulbo dentro de um poço protetor para permitir a manutenção com o processo em operação.
- Não dobrar o capilar com curvatura acentuada para que não se formem restrições que prejudiquem o movimento do gás no seu interior, causando falhas no funcionamento do termômetro.
- Instalar o bulbo de modo que o comprimento máximo do capilar seja de até 30m.
- Quando usar poço protetor, preencher o espaço entre o bulbo e o poço com glicerina, óleo etc., a fim de reduzir o atraso na resposta.

Termômetro a pressão de vapor

Os termômetros a pressão de vapor baseiam-se na lei de Dalton, em que a pressão exercida por um vapor saturado é dependente da temperatura dele e não do volume ocupado por ele. Por isso, para qualquer variação de temperatura, haverá uma variação na tensão do vapor do gás liquefeito colocado no bulbo do termômetro e, em consequência disto, uma variação na pressão dentro do capilar. A temperatura é determinada na superfície livre, entre o líquido e o vapor. Como a condição única necessária é a existência da interface entre a fase líquida e a fase gasosa dentro do bulbo, quando em funcionamento, é importante dosar o volume certo do gás liquefeito.

Sua construção é fisicamente idêntica a dos termômetros a pressão de gás, porém, o bulbo é relativamente pequeno.

Figura 12 - Representação das partes constituintes e imagem de um termômetro real a vapor.



Fonte: Freire (2013).

Tipos de metais utilizados na construção do termômetro de vapor.

- a. Bulbo e capilar: aço inoxidável, aço, cobre e latão.
- b. Elemento de medição: cobre-berílico, bronze fosforoso e aço inoxidável.

Tipos de líquido de enchimento

Como líquido de enchimento, utilizam-se líquidos voláteis tais como cloreto de metila, éter, propano, butano, tolueno e dióxido de enxofre. A tabela abaixo apresenta os líquidos mais utilizados e seus respectivos pontos de fusão e de ebulição.

Líquido	Ponto de fusão(°C)	Ponto de ebulição(°C)
Cloreto de metila(N ₂)	-139	-24
Butano	-135	-0,5
Éter etílico	-119	34
Tolueno	-95	110
Dióxido de enxofre	-73	-10
Propano	-190	-42

Tabela 3 – líquidos de enchimento e suas faixas de temperatura.
Fonte: Freire (2013)

A faixa de utilização de um termômetro a pressão de vapor depende especialmente do líquido que ele contém. Entretanto, temperaturas tão baixas como -20°C ou altas como 350°C podem ser medidas com precisão de $\pm 0,5\%$.

Tipos de elementos sensor

Este sistema utiliza os mesmos tipos de sensores que o termômetro de líquido com capilar metálico, ou seja, tipos Bourdon, espiral e helicoidal.

Classificação dos termômetros a pressão de vapor.

Os termômetros a pressão de vapor podem ser divididos em quatro classes:

a. Classe II - A

É construído para medição de temperatura sempre acima da temperatura ambiente. Neste sistema o líquido volátil é inserido no capilar, no elemento sensor e em parte do bulbo, sendo a outra parte do bulbo preenchida pelo vapor. Este tipo é o mais usado.

b. Classe II - B

Este sistema é construído para medição de temperatura abaixo da temperatura ambiente. O líquido volátil é inserido apenas em parte do bulbo, e o vapor preenche o restante do sistema.

c. Classe II - C

É construído para medição de temperatura acima ou abaixo da temperatura ambiente, mas nunca em torno desta. Se ocorrer uma variação brusca na temperatura – de tal extensão que a temperatura ambiente seja cruzada – haverá mudança de estado do fluido no capilar e no sensor. Teremos, então, líquido no bulbo, no capilar e no sensor e vapor somente no bulbo.

d. Classe II - D (duplo enchimento)

Este sistema é o indicado para medição de temperaturas que podem assumir qualquer valor (acima, abaixo ou na temperatura ambiente). Caracteriza-se por possuir um líquido não volátil no capilar e outro no elemento de medição. Este líquido funciona somente como elemento de transmissão hidráulica, não sendo miscível ao líquido volátil. Utiliza-se normalmente glicerina ou óleo como líquido não volátil.

Utilização

O termômetro a pressão de vapor é, provavelmente, o mais utilizado dos termômetros a pressão por ser mais barato e mais simples de manter; assim como permite leituras remotas com um tempo de resposta relativamente rápido, porém, com uma precisão na ordem de 1%.

Recomendações

- Instalar o bulbo dentro de um poço protetor para permitir manutenção com o processo em operação.
- Não dobrar o capilar em ângulo acentuado.
- Não expor o capilar a temperaturas muito baixas ou a temperaturas elevadas.
- Quando usar o poço protetor, preencher o espaço entre o bulbo e o poço com glicerina, óleo etc., a fim de reduzir o atraso na resposta.
- O comprimento máximo do capilar deste sistema deve ser de 50 m.
- O bulbo e o elemento sensor devem ser instalados no mesmo nível, a fim de evitar erros devido à coluna líquida capilar.

Atividade 03

1. Determine os tipos de fluidos de enchimento pra cada tipo de termômetro com sistema bulbo capilar abordados.
2. De quais partes esses termômetros geralmente são constituídos?

Para verificar suas respostas, [clique aqui](#).

Respostas

1. Termômetro líquido: mercúrio, xileno e tolueno.

Termômetro a pressão a gás: nitrogênio, hélio e dióxido de carbono.

Termômetro a pressão de vapor: Cloreto de metila, butano, éter etílico, tolueno, dióxido de enxofre, propano.

2. 3 partes: bulbo, capilar e elemento sensor.

Resumo

A presente aula abordou as principais escalas de temperatura utilizadas na indústria. Iniciou também a explicação sobre os métodos de medição a partir dos métodos que não requerem meios eletrônicos para a obtenção dos valores de temperatura, como os indicadores cromáticos e indicadores piroméricos. Em seguida, apresentou os métodos de medição que utilizam meios mecânicos para a obtenção do valor de temperatura e que, caso necessário, podem ser instalados elementos eletrônicos para a transmissão desses dados. Para cada tipo de medidor, foram mostrados os materiais que os constituem e o seu funcionamento e faixas de operação.

Autoavaliação

1. Existem outros tipos de escalas de temperatura além da Celsius e Fahrenheit. Pesquise, mostre quais são e calcule a temperatura em que ocorre a ebulição da água em cada uma delas ao nível do mar.
2. Calcule em qual temperatura teremos os mesmos valores na escala Celsius e Fahrenheit.
3. Dentre os métodos abordados para medição de temperatura, qual ou quais você recomendaria para instalar no forno do fogão da sua casa? Lembre que você usa o forno mais de uma vez durante a vida útil do fogão.
4. O gerente de uma empresa solicitou que você indicasse um tipo de medidor de temperatura para as seguintes situações:
 - a. Verificar a temperatura da água que está em um tanque aberto.
 - b. Visualizar a que temperatura aproximada uma torre de resfriamento se encontra, a 50 metros de distância.
 - c. No forno de tratamento térmico, um medidor que fique dentro do forno, que possa ser visto pelo visor e que seja descartável.

- d. Um medidor em que se possa visualizar o valor a partir de uma sala onde o operador fique a 60 metros de distância do instrumento.
- e. A temperatura de uma sala onde fica um forno, que precisa ser visualizada pelo operador naquele ambiente.

5. Considere a imagem abaixo, que é de parte do painel de um carro.



- a. Qual é a temperatura aproximada no motor do veículo?
- b. Qual seria o valor da temperatura, caso a escala estivesse em Fahrenheit?

Para verificar suas respostas, [clique aqui](#).

Respostas

1. Existem outros tipos de escalas de temperatura além da Celsius e Fahrenheit. Pesquise, mostre quais são e calcule a temperatura em que ocorre a ebulição da água em cada uma delas ao nível do mar.

Existem as escalas:

Kelvin com temperatura de ebulição de 373,15 K

Rankine com temperatura de ebulição de 671,67 °Ra

Rømer com temperatura de ebulição de 60 °Rø

Newton com temperatura de ebulição de 33°N

Delisle com temperatura de ebulição de 0°D

Réaumur com temperatura de ebulição de 80°Ré

2. Calcule em qual temperatura teremos os mesmos valores na escala Celsius e Fahrenheit.

Celsius com temperatura de ebulição de 100°C e Fahrenheit de 212°F .

3. Dentre os métodos abordados para medição de temperatura, qual ou quais você recomendaria para instalar no forno do fogão da sua casa? Lembre que você usa o forno mais de uma vez durante a vida útil do fogão.

Um termômetro bimetálico ou de haste de vidro por ser mais barato e simples de instalar.

4. O gerente de uma empresa solicitou que você indicasse um tipo de medidor de temperatura para as seguintes situações:

- a. Verificar a temperatura da água que está em um tanque aberto.

Pode-se utilizar um termômetro de gás ou um de haste de vidro.

- b. Visualizar a que temperatura aproximada uma torre de resfriamento se encontra, a 50 metros de distância.

Utilizar um termômetro a pressão de vapor ou de líquido.

- c. No forno de tratamento térmico, um medidor que fique dentro do forno, que possa ser visto pelo visor e que seja descartável.

Indicador pirométrico.

d. Um medidor em que se possa visualizar o valor a partir de uma sala onde o operador fique a 60 metros de distância do instrumento.

Termômetro de líquido.

e. A temperatura de uma sala onde fica um forno, que precisa ser visualizada pelo operador naquele ambiente.

Termômetro de haste de vidro.

5. Considere a imagem abaixo, que é de parte do painel de um carro.

a. Qual é a temperatura aproximada no motor do veículo?

85 °C

b. Qual seria o valor da temperatura, caso a escala estivesse em Fahrenheit?

185 °F

Referências

ARAUJO, Márcio Valério. **Sistemas de medida e instrumentação**. Disponível em:

<<http://www.dca.ufrn.br/Sistemas%20de%20Medidas%20e%20instrumenta%E7%E3o%20-%20parte%201.pdf>> Acesso: 22 ago. 2013.

BEGA, Egídio Alberto; DELMÉE, Gerard Jean; COHN, Pedro Estéfano (Org.). **Instrumentação industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciencia, 2006.

CAMPOS, Saulo Garcia. **Temperatura**. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/automacao0/disciplinas/instr2009/mvp>>. Acesso em: 12 mar. 2013.

FELTRE, Ricardo. **Fundamentos da Química**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2001. p. 207- 234.

FREIRE, Amaury. **Temperatura**. Disponível em: <<http://www.faculdadedavilamatilde.com.br/publicacoes/>>. Acesso em: 14 mar. 2013.

GONÇALVES, Vitor. **Instrumentação**. Lisboa: CENFIM, 2010.

PIRÓMETRO de radiação. Disponível em: <http://www.eq.uc.pt/~lferreira/BIBL_SEM/global/pirometro.htm>. Acesso em: 11 mar. 2013.

RIBEIRO, Marco Antonio. **Instrumentação**. 14. ed. Salvador: [S.n.], 2010.