MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

Cristiane Maia

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

- Temperatura é uma das variáveis mais importantes nos processos industriais;
- A temperatura reflete a média da energia cinética de um corpo;
- Quanto mais rápido for o movimento das moléculas de um corpo, maior a sua temperatura;
- Contribui para a especificação de produtos e segurança de processos.

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

Calor é energia em trânsito ou a forma de energia que é transferida através da fronteira de um sistema em virtude da diferença de temperatura.

EFEITOS DA TEMPERATURA

- Ritmo maior ou menor na produção;
- Mudança na qualidade do produto;
- Aumento ou diminuição na segurança do equipamento e do pessoal;
- Maior ou menor consumo de energia;
- Maior ou menor custo de produção.

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

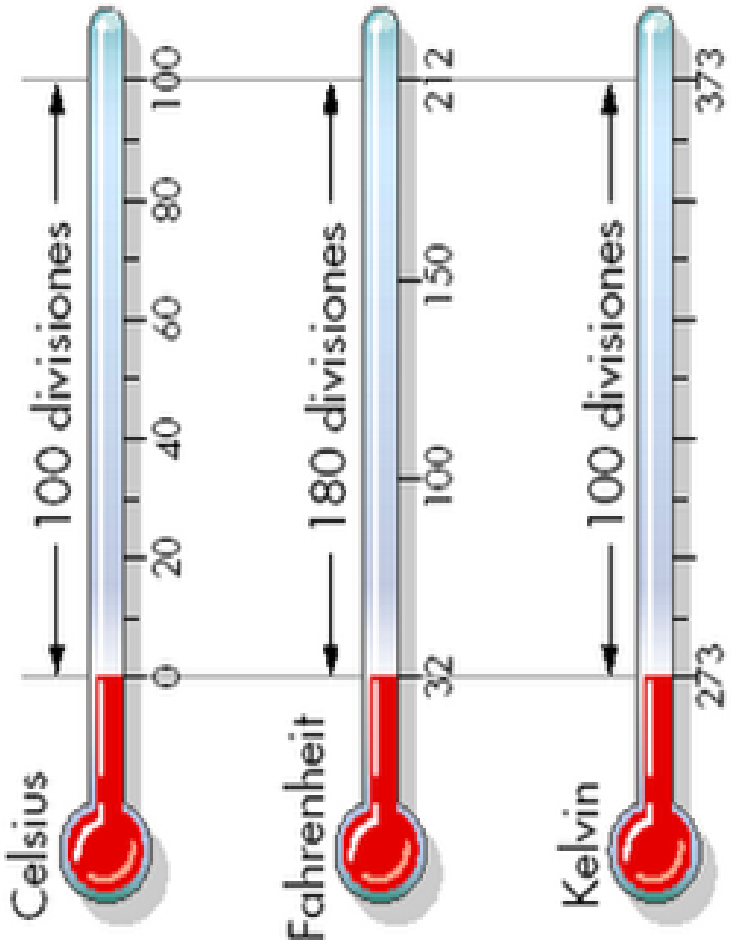
· PIROMETRIA – Medição de altas temperaturas, na faixa onde os efeitos de radiação térmica passam a se manifestar.

· CRIOMETRIA – Medição de baixas temperaturas, ou seja, aquelas próximas ao zero absoluto de temperatura.

· TERMOMETRIA – Termo mais abrangente que incluiria tanto a pirometria como a criometria, que seriam casos particulares de medição.

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA

- A temperatura é quantificada através de escalas padronizadas, as mais utilizadas são a escala Celsius [°C] e a Fahrenheit [°F], ambas com o nome de seus criadores. No Sistema Internacional (S.I.) utiliza-se a escala absoluta Kelvin, que é base para pesquisas e estudos científicos.

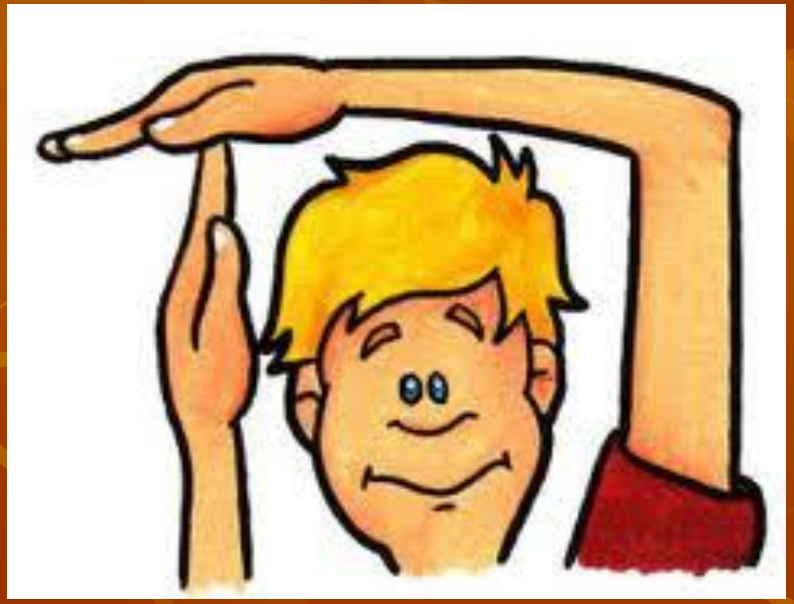


ESCALAS DE TEMPERATURA

Fahrenheit, a Celsius, a Rankine e a Kelvin.

$$\frac{C}{5} = \frac{F - 32}{9} = \frac{K - 273{,}15}{5} = \frac{R - 491{,}67}{9}$$

Pausa para alguns exercícios



MEDIDORES DE TEMPERATURA

A temperatura é deduzida a partir de seus efeitos elétricos ou físicos produzidos sobre uma substância, cujas características são conhecidas.

Os medidores de temperatura são construídos baseados nesses efeitos.

MEDIDORES DE TEMPERATURA

1º grupo (contato direto):

Termômetro à dilatação
- de líquidos
- de sólidos

Termômetro à pressão
- de líquido
- de gás
- de vapor

Termômetro a par termoelétrico

Termômetro à resistência elétrica

MEDIDORES DE TEMPERATURA

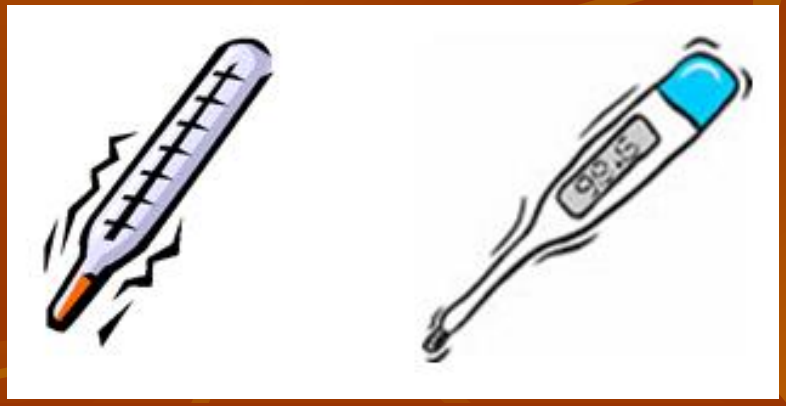
2º grupo (contato indireto)

- Pirômetro óptico
- Pirômetro fotoelétrico
- Pirômetro de radiação

MEDIDORES DE TEMPERATURA

Por contato direto

São aqueles nos quais o elemento sensível está em contato direto com o material cuja temperatura se deseja medir.



MEDIDORES DE TEMPERATURA

Por contato indireto

São os medidores nos quais o elemento sensível não está em contato direto com o material cuja temperatura se deseja medir.

	DIRETO	INDIRETO
Condição necessária para medir com precisão	1) Estar em contato com o objeto a ser medido. 2) Praticamente não mudar a temperatura do objeto devido ao contato do detector.	1) A radiação do objeto medido tem que chegar até o detector.
Característica	1) É difícil medir a temperatura de um objeto pequeno, porque este tem tendência de mudança de temperatura quando em contato com um objeto cuja temperatura é diferente. 2) É difícil medir o objeto que está em movimento	1) Não muda a temperatura do objeto porque o detector não está em contato direto com o mesmo. 2) Pode medir o objeto que está em movimento. 3) Geralmente mede a temperatura da superfície. 4) Depende da emissividade
Faixa de Temperatura	É indicado para medir temperaturas menores que 1600ºC.	É adequado para medir temperaturas elevadas (> -50 ºC).
Precisão	Geralmente, ± 1% da faixa	Geralmente 3 a 10 ºC
Tempo de Resposta	Geralmente grande (> 5min)	Geralmente pequeno (0,3 ~ 3 s)

TERMÔMETRO DE DILATAÇÃO DE LÍQUIDO

- Princípio de Funcionamento

Os termômetros de dilatação de líquido baseiam-se na lei de expansão volumétrica de um líquido dentro de um recipiente fechado.

TERMÔMETRO DE DILATAÇÃO DE LÍQUIDO

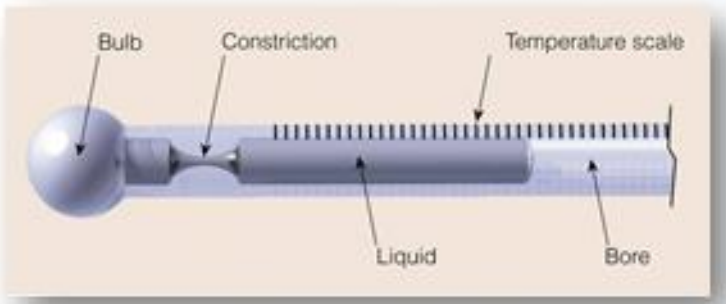
Termômetro de vidro

Consta de um bulbo de vidro ligado a um tubo capilar, também de vidro, de seção uniforme e fechado na parte superior.

TERMÔMETRO DE DILATAÇÃO DE LÍQUIDO

Termômetro de vidro

- Termômetro de líquido em vidro
  - A medição de temperatura é feita através da leitura da posição do liquido na escala graduada.
  - Utiliza-se geralmente álcool ou mercúrio. Por exemplo, um dos dispositivos (termômetro) mais antigos é o termômetro de vidro, que se baseia na expansão do mercúrio ou outro líquido com a temperatura.





TERMÔMETRO DE DILATAÇÃO DE LÍQUIDO

Termômetro de vidro

O bulbo e parte do capilar são preenchidos por um líquido tendo na parte superior do capilar uma câmara de expansão para proteger o termômetro.

Sua escala é linear e normalmente fixada no tubo capilar no invólucro metálico.

Termômetro de vidro

Nos termômetros industriais, o bulbo de vidro é protegido por um poço metálico e, o tubo capilar, pelo invólucro metálico.

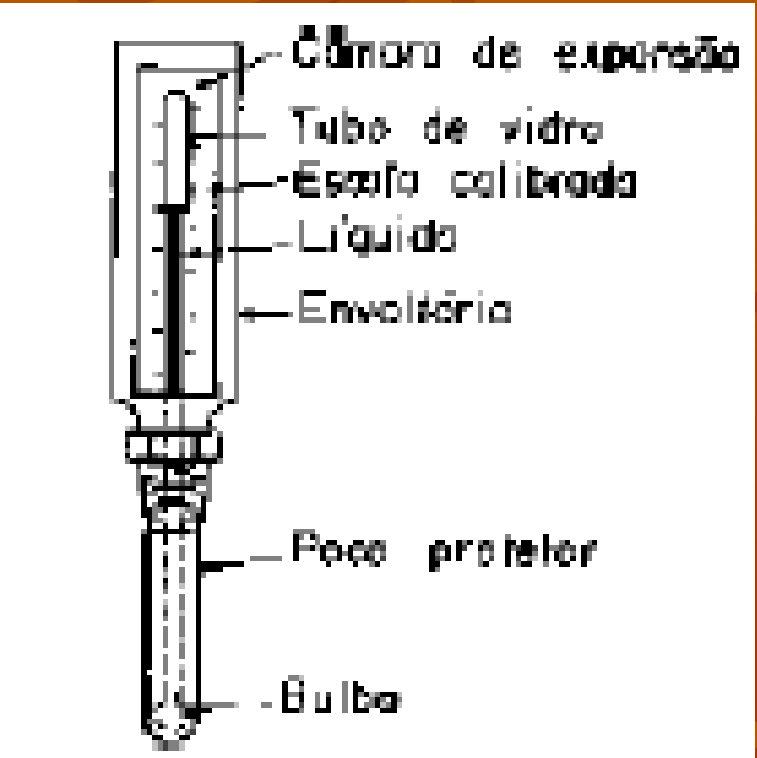


Fig. 03 - Termômetro de vidro industri

Utilização dos termômetros de vidro

Na indicação de temperatura de pequena flutuação;

No processo em que a leitura da temperatura no próprio local não se constitui problema;

Nos casos em que uma resposta rápida não é necessária.

Recomendações na instalação

Evitar os pontos em que haja mudanças bruscas de temperatura para não danificar o capilar;

O bulbo deverá estar completamente imerso;

O bulbo deverá estar dentro de um poço metálico para proteção mecânica.

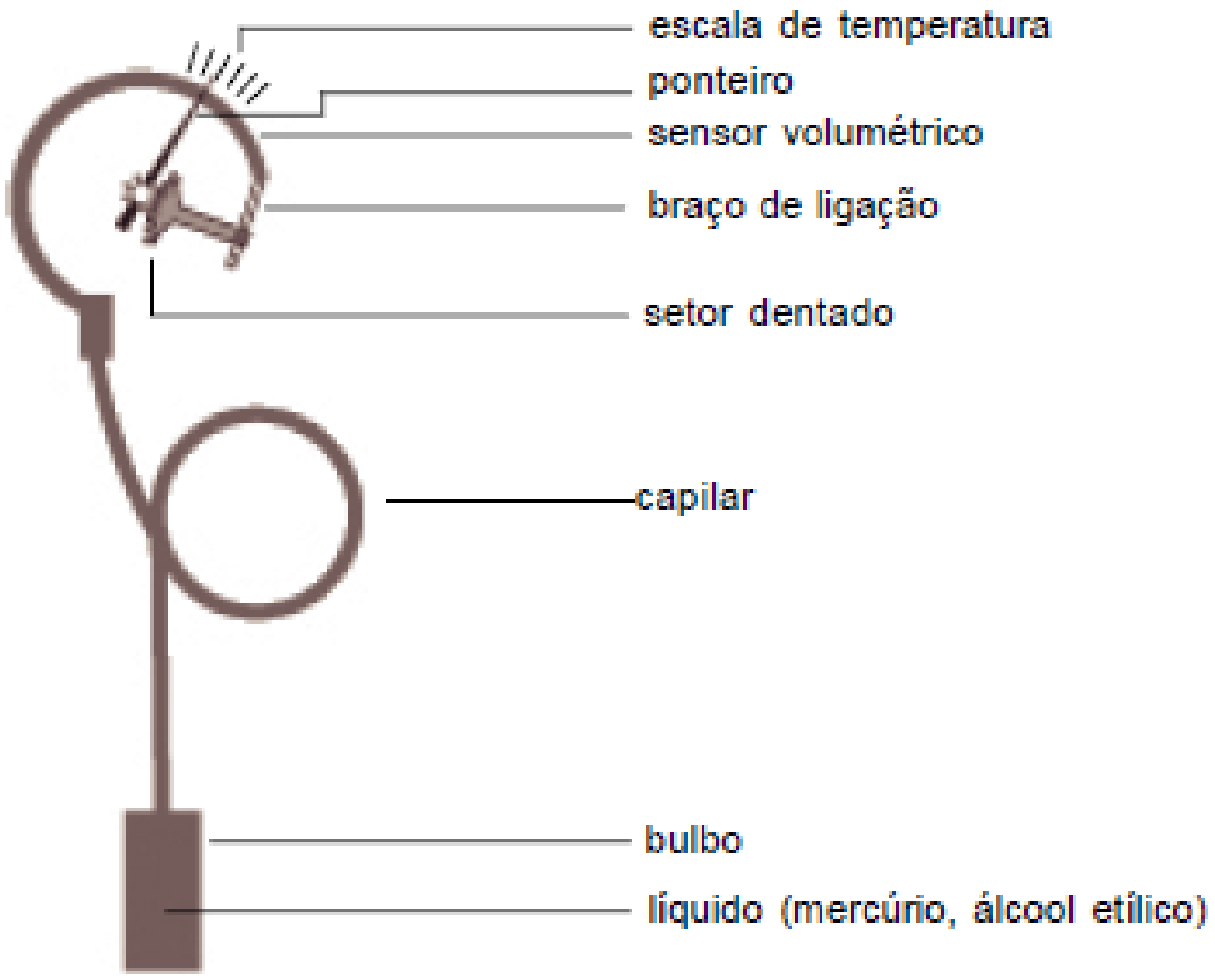
TERMÔMETRO DE DILATAÇÃO DE LÍQUIDO

Termômetro de Líquido com Capilar Metálico

Consta de um bulbo de metal ligado a um capilar metálico e um elemento sensor.

O líquido preenche todo o instrumento e com uma variação da temperatura se dilata deformando elasticamente o elemento sensor que está acoplado a um ponteiro que girar sobre uma escala graduada.

A relação entre a deformação do elemento sensor e a temperatura é proporcional, fornece uma leitura linear.



Termômetro de dilatação de líquido em recipiente metálico

LIQUIDO DE ENCHIMENTO

LÍQUIDO	FAIXA DE UTILIZAÇÃO (ºC)
Mercúrio	- 38 à 550
Xileno	- 40 à 400
Tolueno	- 80 à 100

Utilização de termômetro de líquido com capilar metálico

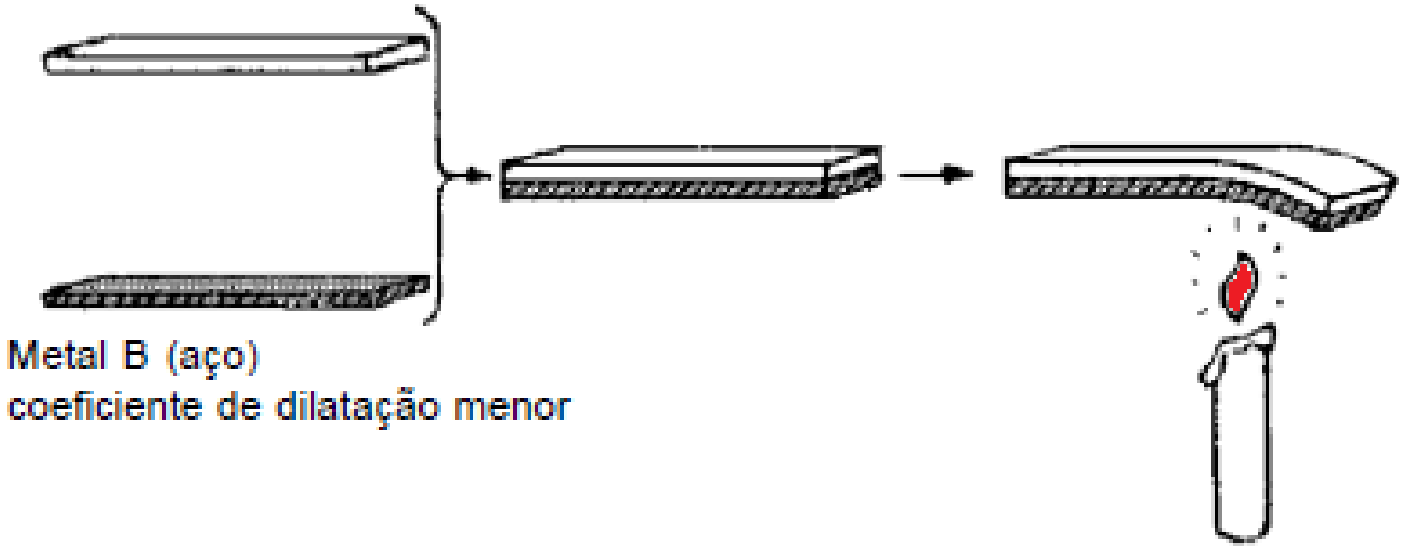
Na indicação e registro em sistemas onde uma maior precisão é requerida.

TERMÔMETRO À DILATAÇÃO DE SÓLIDO (TERMÔMETRO BIMETÁLICO)

Baseia-se no fenômeno da dilatação linear dos metais com a temperatura.

Dois metais diferentes modificam as suas dimensões de modo desigual ao variar a temperatura.

TERMÔMETRO BIMETÁLICO



· Princípio de funcionamento do termômetro bimetálico

TERMÔMETRO BIMETÁLICO

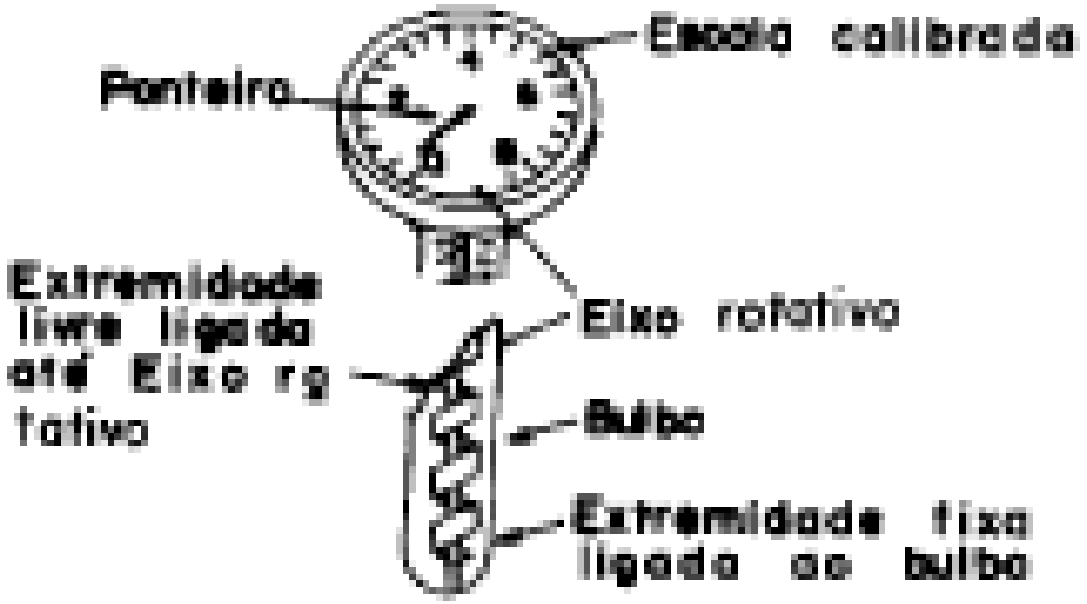
Duas lâminas de metal justapostas, formam uma só peça, geralmente na forma helicoidal.

Uma extremidade é fixa e a outra é ligada a um ponteiro que pode girar livremente sobre uma escala circular graduada.

TERMÔMETRO BIMETÁLICO

Como os metais são diferentes, com a variação de temperatura, um se dilata mais que o outro o que provoca uma movimento de um ponteiro em uma escala graduada.

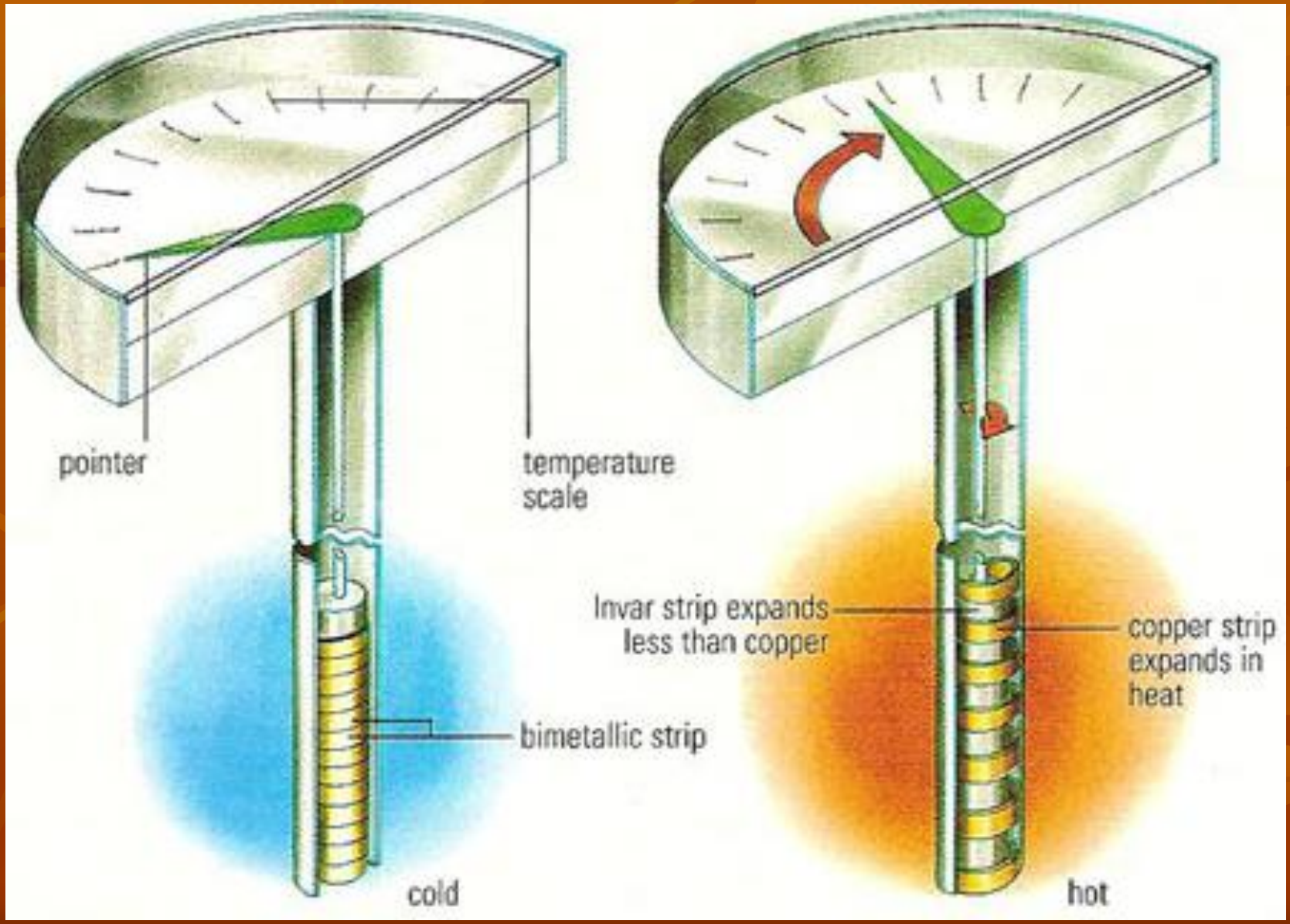
TERMÔMETRO BIMETÁLICO



a) Termômetro bimetálico com haste horizontal



TERMÔMETRO BIMETÁLICO



Utilização dos Termômetros Bimetálico

São utilizados para medir temperaturas na faixa de -50 e 500ºC onde respostas rápidas não são exigidas.

Admitem condições de operação mais severas que os termômetros em vidro.

Utilização dos Termômetros Bimetálico

Vídeo

TERMÔMETRO À PRESSÃO DE GÁS

Baseia-se na lei de Charles e Gay - Lussac

“A pressão de um gás é proporcional à temperatura, se mantido constante o volume do gás”.

TERMÔMETRO À PRESSÃO DE GÁS

Baseia-se na lei de Charles e Gay - Lussac

A equação que expressa matematicamente esta lei é:

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

Onde:

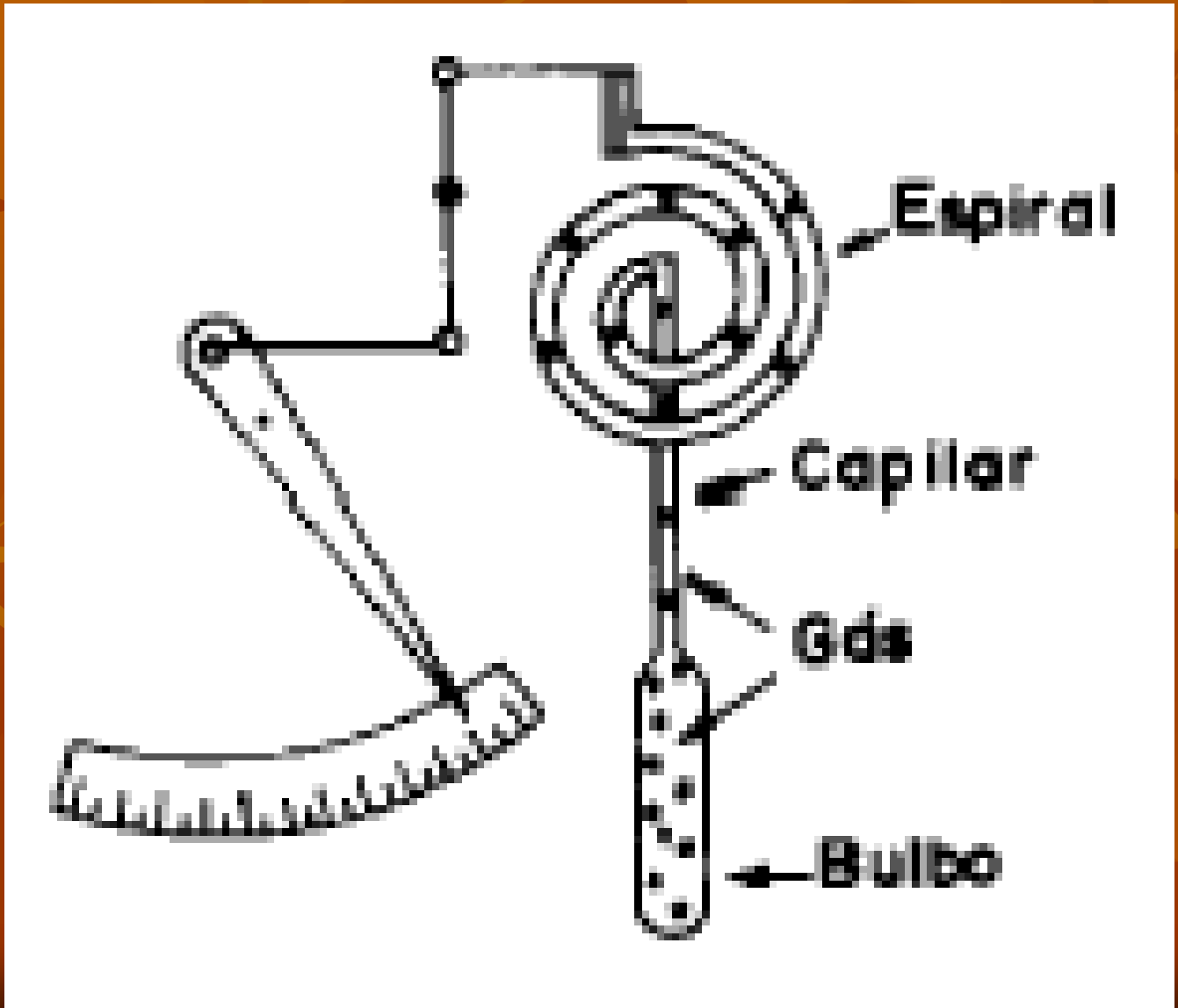
P_1; P_2; ... ; P_n = pressão absoluta do gás

T_1; T_2; ... ; T_n = temperatura absoluta do gás

TERMÔMETRO À PRESSÃO DE GÁS

Sua construção é praticamente idêntica à dos termômetros de líquido com capilares metálicos, porém o bulbo é maior.

TERMÔMETRO À PRESSÃO DE GÁS



Tipos de gás de enchimento

GÁS DE ENCHIMENTO	TEMPERATURA CRÍTICA (ºC)	FAIXA DE UTILIZAÇÃO (ºC)
Nitrogênio (N_2)	- 147,1	- 130 à 550
Hélio	- 267,8	- 260 à 550
Dióxido de Carbono (CO_2)	31,1	30 à 550

Em virtude de ser inerte e mais barato, é usualmente utilizado o nitrogênio.

TERMÔMETRO À PRESSÃO DE GÁS

Tipos de elemento sensor

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

Utilização de termômetro à pressão de gás

Fornece respostas rápidas.

TERMÔMETRO À PRESSÃO DE VAPOR

Tem fundamentação na lei de Dalton:

"*A pressão de um vapor saturado depende única e exclusivamente de sua temperatura e não da sua mudança de volume*".

TERMÔMETRO À PRESSÃO DE VAPOR

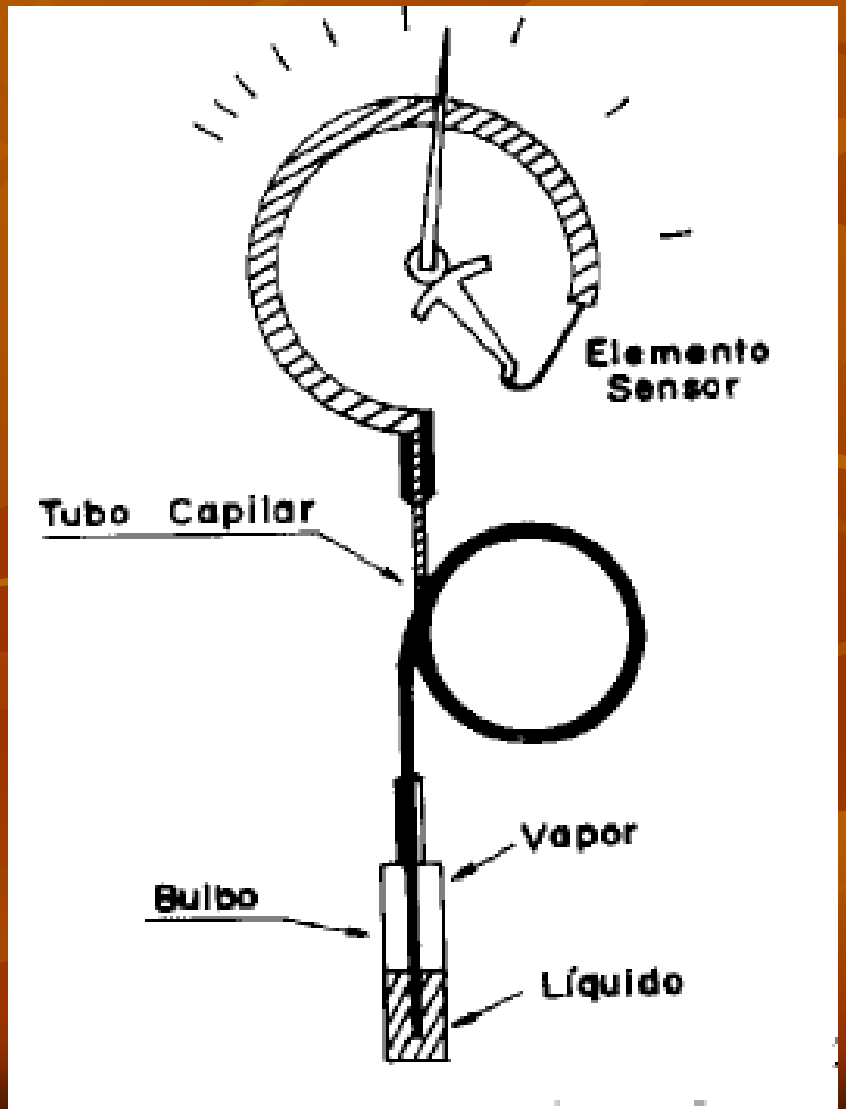
Para qualquer variação de temperatura do gás liquefeito colocado no bulbo do termômetro haverá uma variação na pressão dentro do capilar.

A temperatura é determinada na superfície livre, entre o líquido e o vapor.

TERMÔMETRO À PRESSÃO DE VAPOR

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

TERMÔMETRO À PRESSÃO DE VAPOR



TERMÔMETRO À PRESSÃO DE VAPOR

Tipos de líquido de enchimento

LÍQUIDO	PONTO DE FUSÃO (ºC)	PONTO DE EBULIÇÃO (ºC)
Cloreto de metila	- 139	- 24
Butano	- 135	- 0,5
Éter etílico	- 119	34
Tolueno	- 95	110
Dióxido de enxofre	- 73	- 10
Propano	- 190	- 42

SENSORES DE TEMPERATURA
TERMOPAR

Um termopar consiste de dois condutores metálicos, de naturezas distintas, na forma de metais puros ou de ligas homogêneas.

Os fios são soldados em um extremo ao qual se dá o nome de junta quente ou junta de medição.

A outra extremidade dos fios (junta fria ou de referência) é levada ao instrumento de medição de **F.E.M.**

SENSORES DE TEMPERATURA
TERMOPAR

Embora praticamente se possa construir um termopar com qualquer combinação de dois metais, utilizam-se apenas algumas combinações normalizadas, isto porque possuem tensões de saída previsíveis e suportam grandes gamas de temperaturas.

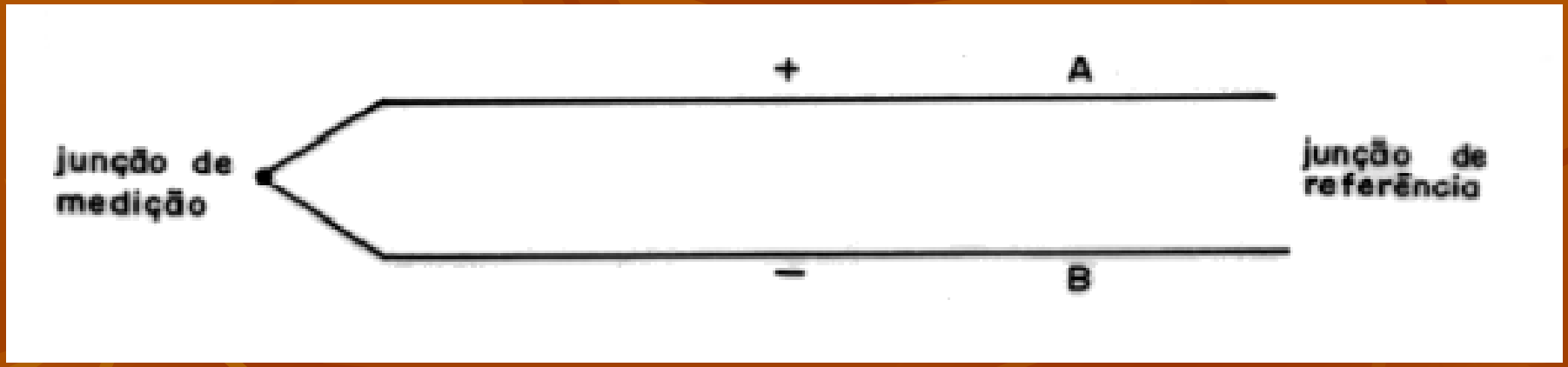
SENSORES DE TEMPERATURA
TERMOPAR

A força eletromotriz gerada é devida ao aquecimento e migração de eletrons de onde há maior densidade destes para onde há uma menor densidade.

Os termopares são sensores de temperatura simples, robustos e de baixo custo, sendo amplamente utilizados nos mais variados processos de medição de temperatura.

SENSORES DE TEMPERATURA
TERMOPAR

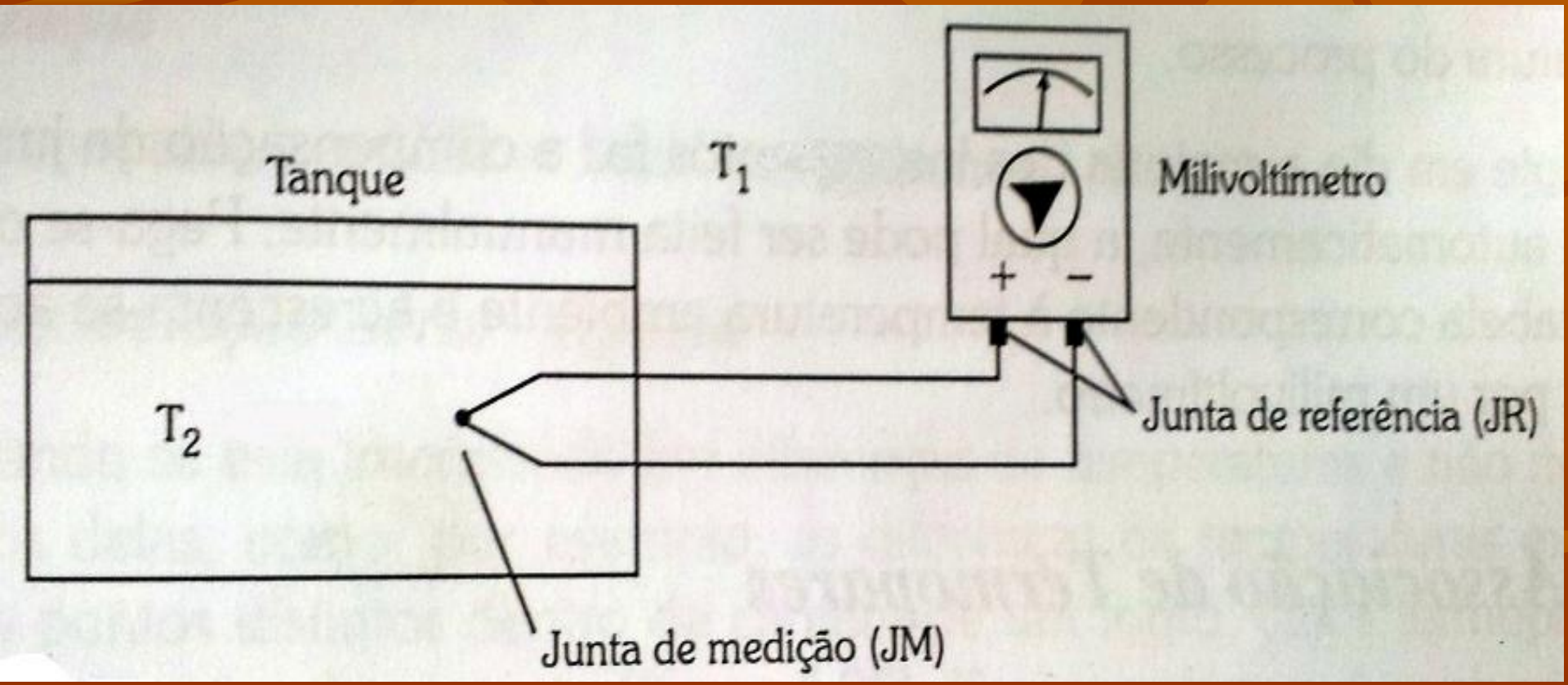
Termopar



A densidade de elétrons livres em um metal, difere de um condutor para o outro e depende da temperatura.

SENSORES DE TEMPERATURA
TERMOPAR

Termopar



SENSORES DE TEMPERATURA TERMOPAR

Vídeo

SENSORES DE TEMPERATURA
TERMOPAR

Termopar



SENSORES DE TEMPERATURA
TERMOPAR

Algumas características:

- relação razoavelmente linear entre temperatura e f.e.m;
- f.e.m detectável pelos instrumentos usuais de medição.

SENSORES DE TEMPERATURA
TERMOPAR

Alguns fatores na escolha do termopar:

- Faixa de medição;
- Sensibilidade do termopar;
- Agressividade do meio onde será instalado, dentre outros.

MEDIDORES DE CONTATO INDIRETO

Os **medidores de contato indireto** podem ser classificados em três grupos:

- Pirômetro Ótico
- Pirômetro de Radiação
- Pirômetro Fotoelétrico

MEDIDORES DE CONTATO INDIRETO

Pirômetro

Termo mais aplicado a instrumentos que medem temperaturas acima de 600ºC.

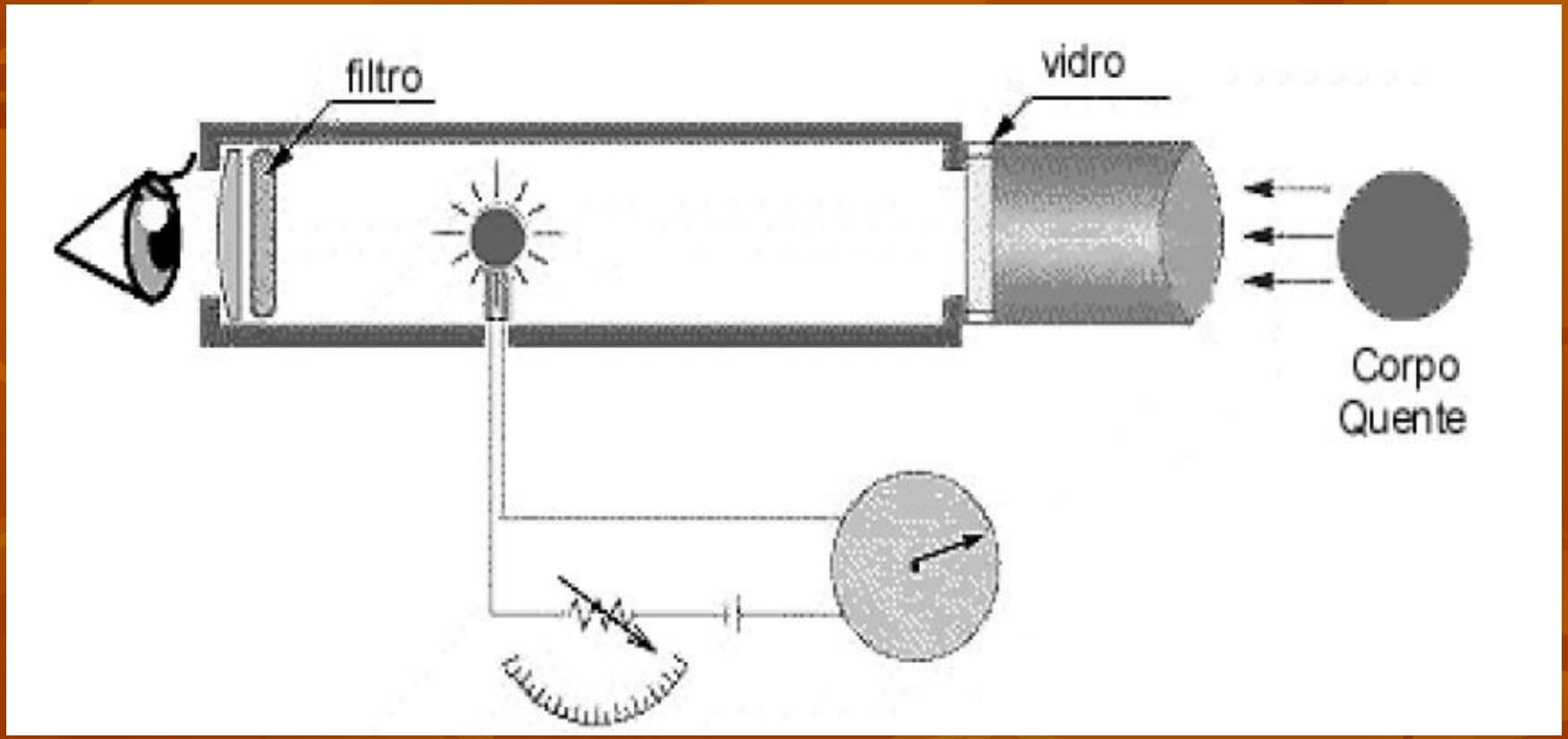
MEDIDORES DE CONTATO INDIRETO

Pirômetro ótico

Trabalha por comparação de cor entre um filamento aquecido ao rubro e a cor do objeto em medição da temperatura.

A cor do filamento é definida através da medição da corrente elétrica detectada por um amperímetro com escala relativa ao objeto cuja temperatura é medida.

MEDIDORES DE CONTATO INDIRETO



MEDIDORES DE CONTATO INDIRETO

Pirômetro de radiação

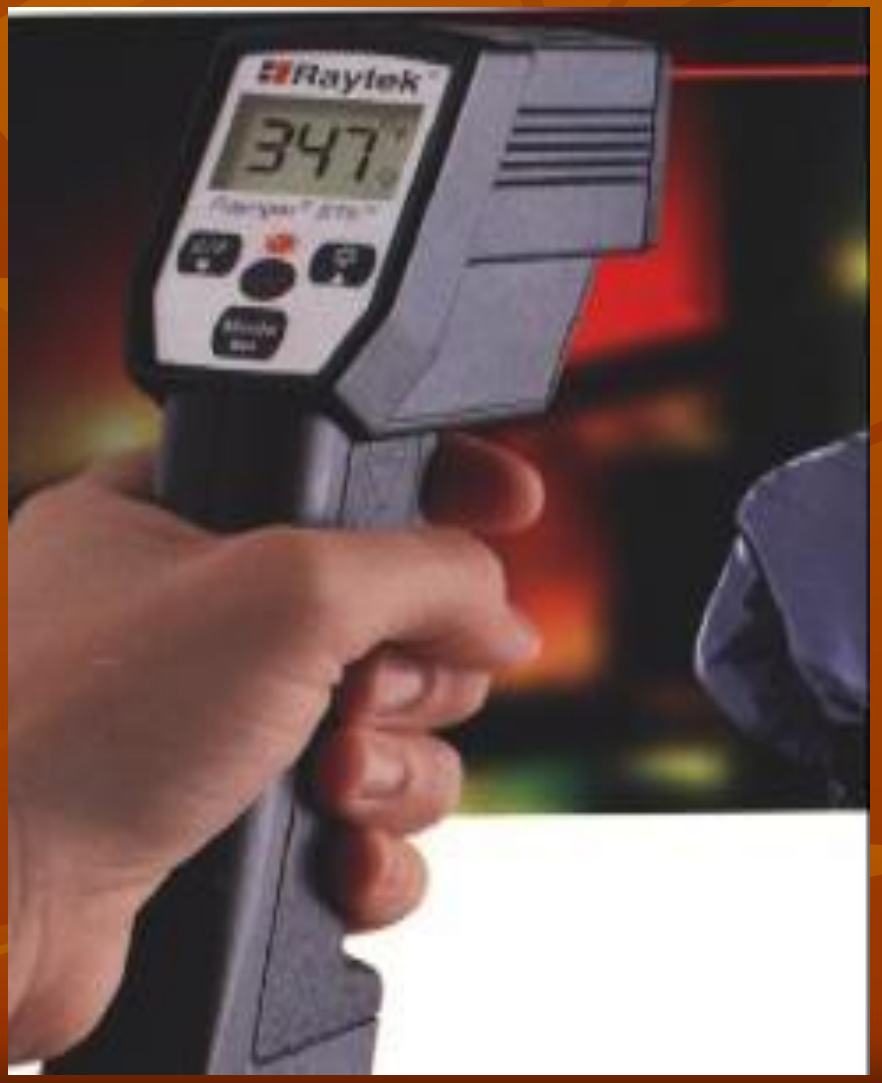
Também chamado de termômetro infravermelho.

Utiliza a radiação térmica emitida pelo corpo que se deseja medir a temperatura.

O alcance típico de um desses termômetros é de -50°C a 3000°C.

MEDIDORES DE CONTATO INDIRETO

Pirômetro de radiação



MEDIDORES DE CONTATO INDIRETO

Pirômetro Fotoelétricos

Normalmente empregam sensores que atuam na faixa do infravermelho, e, portanto, abrangem uma faixa de temperatura maior do que os pirômetros de radiação e ótico.

São mais rápidos, respondendo na casa dos milisegundos.