**CÓDIGO DA VAGA: 786**
**CARGO: Assistente de Pesquisa Trainee**
**ÁREA: CETAE**

## QUESTÕES DISSERTATIVAS

### Questão 1:

A figura apresenta um trocador de calor que realiza o aquecimento de água fria às custas do resfriamento de gases aquecidos. Não há troca de calor com o ambiente (isto é, a taxa de calor que cruza a fronteira do volume de controle apresentado é nula), só entre as correntes. Admitindo que os gases quentes tem comportamento de gás perfeito e o processo é em regime permanente, pede-se:

a) Qual a temperatura de saída dos gases no trocador de calor ?
b) Qual a taxa de calor trocada entre os fluidos ?

Dados:

$\dot{m}_{agua} = 1\,kg/s \quad ; \quad \dot{m}_{gases} = 4\,kg/s$

$T_1 = 20\,^oC \quad ; \quad T_2 = 100\,^oC \quad ; \quad T_3 = 400\,^oC$

Admita que a variação de entalpia específica da água líquida e dos gases possa ser calculada por:

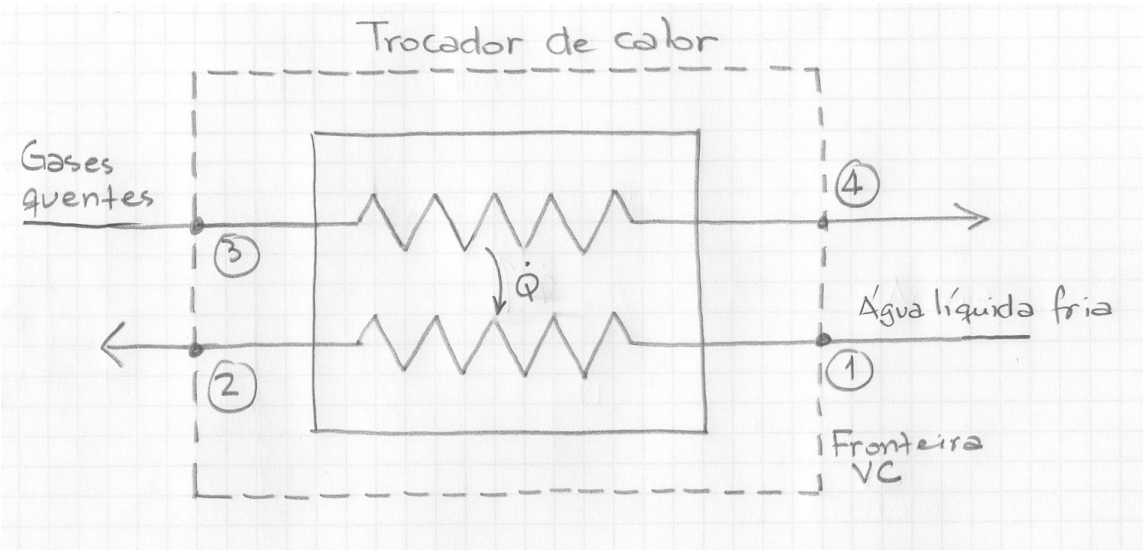
$$\Delta h = C_p \Delta T$$

e que o calores específicos dessas substâncias sejam constantes:

$C_{p,água} = 4\,kJ/kg.^oC \quad ; \quad C_{p,gases} = 1\,kJ/kg.^oC$

Primeira lei da termodinâmica para volume de controle e regime permanente.

$$\dot{Q} + \sum_{entradas} \dot{m}_e h_e = \dot{W} + \sum_{saídas} \dot{m}_s h_s$$



**Questão 2:**

Um gerador de vapor (ou "caldeira") é um trocador de calor no qual gases de combustão aquecidos trocam calor (através de paredes metálicas) com água, conforme apresentado na figura da página seguinte. A função de uma caldeira é vaporizar água líquida que entra no equipamento, produzindo vapor para processo. Na figura apresentada, o combustível utilizado é gás natural (símbolo: GN) e **o consumo é de 0,1 kg/s**. Ar de combustão (corrente 2) é fornecido na proporção de 19 kg ar/kg gás natural (a vazão mínima de ar para garantir toda a queima do gás natural – o chamado ar estequiométrico – é de 15 kg/kg gás natural). Os gases de combustão saem na chaminé (corrente 5) a 320 $^{o}$C. Da vazão total de água líquida que alimenta a caldeira (corrente 3), uma pequena parcela tem que ser extraída no estado líquido pelo parte inferior da caldeira (a denominada purga, corrente 6), para evitar que a concentração de sais eleve-se excessivamente.

O balanço de energia simplificado de uma caldeira operando em regime permanente pode ser representado pela equação:

$$\dot{Q}_{en.quim\rightarrow en.térmica} + \dot{m}_{ar\,comb}\left(h_{ar,e} - h_{ar,amb}\right) = \dot{m}_{v}\left(h_{v} - h_{L,e}\right) + \dot{m}_{purga}\left(h_{L,s} - h_{L,e}\right) + \dot{m}_{gases,comb}\left(h_{g,s} - h_{g,amb}\right) + \dot{Q}_{amb}$$

onde,

$\dot{Q}_{en.quim\rightarrow en.térmica}$ : conversão de energia química do combustível em energia térmica (kW);

$\dot{Q}_{en.quim\rightarrow en.térmica} = \dot{m}_{GN} PCI$ ;

$\dot{m}_{GN}$ : vazão mássica de gás natural (kg/s);

$PCI$ : poder calorífico do gás natural desse problema (admitir 66.000 kJ/kg);

$h_{ar,e}$ : entalpia do ar na temperatura em que ele cruza a fronteira do volume de controle (kJ/kg);

$h_{ar,amb}$ : entalpia do ar na temperatura ambiente (kJ/kg);

$\dot{m}_{V}$ : vazão mássica de vapor produzido (kg/s);

$h_{v}$ : entalpia do vapor produzido (kJ/kg);

$h_{L,e}$ : entalpia da água líquida na entrada da caldeira (kJ/kg);

$\dot{m}_{purga}$ : vazão mássica da água purgada (kg/s); DESPREZAR

$h_{L,s}$ : entalpia da água líquida purgada (kJ/kg);

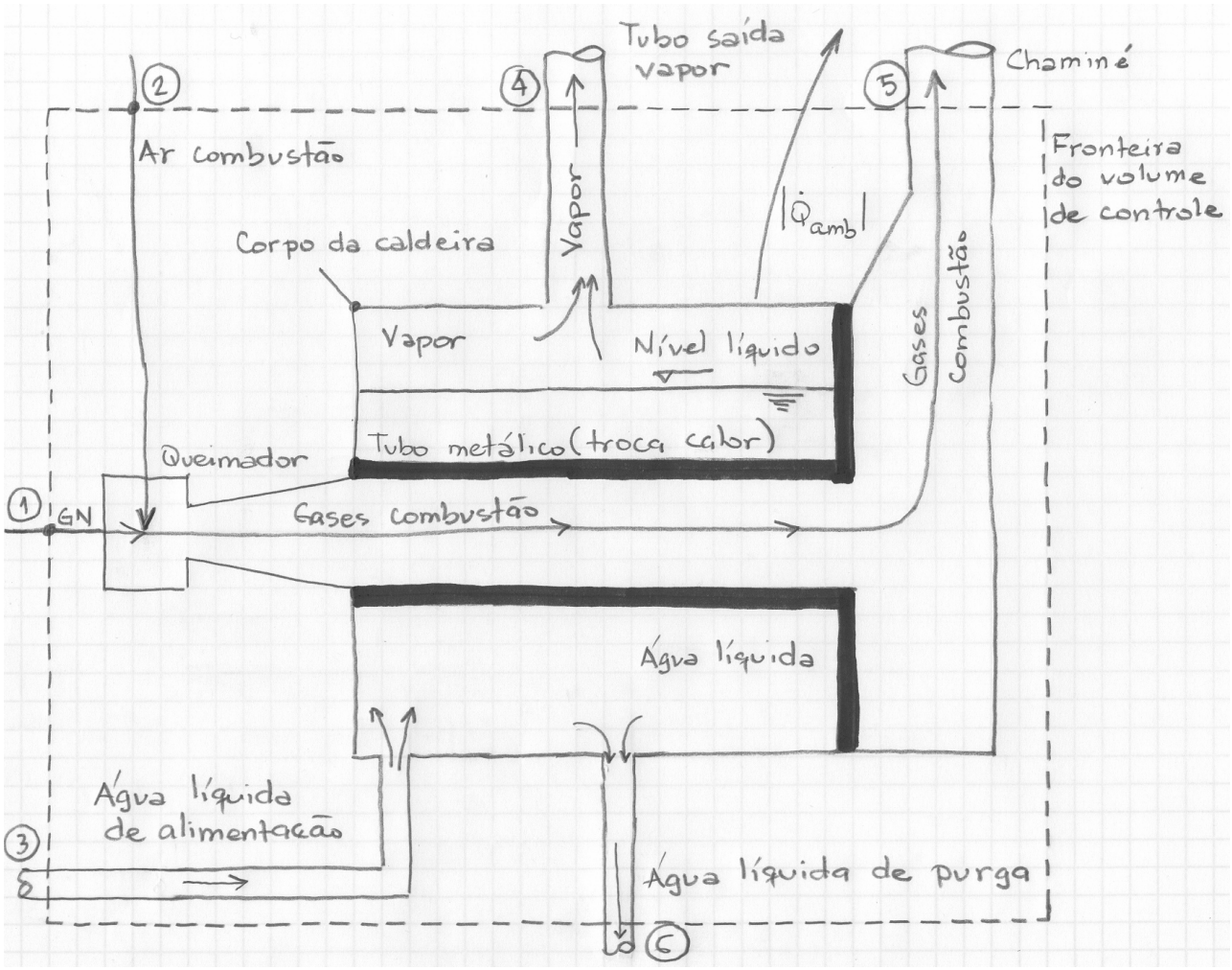
$\dot{m}_{gases,comb}$ : vazão mássica dos gases de combustão na saída da caldeira (kg/s);

$h_{g,s}$ : entalpia dos gases de combustão na saída da caldeira (kJ/kg);

$h_{g,amb}$ : entalpia dos gases de combustão na temperatura ambiente (kJ/kg);

$\dot{Q}_{amb}$ : taxa de calor rejeitado ao meio através da carcaça metálica aquecida da caldeira; DESPREZAR

Os gases de combustão são o produto da reação química do gás natural com o ar de combustão. Tanto o ar de combustão como os gases de combustão podem ser considerados gases perfeitos.




Pede-se (OS DADOS FORAM PREPARADOS PARA POSSIBILITAR CÁLCULOS SIMPLES):

a) Identifique no balanço de energia apresentado cada uma das parcelas de entrada de energia e cada uma das parcelas de saída. Qual é a parcela de energia útil produzida ?
b) Faça o balanço de massa (tanto do lado da água como do lado dos gases) e de energia do equipamento e determine a produção de vapor em kg/s.
c) Como você definiria a eficência térmica de uma caldeira ? Segundo sua definição, qual a eficiência térmica da caldeira apresentada ?
d) Quais medidas para elevar a eficiência térmica poderiam ser implantadas na caldeira apresentada (observe o balanço de energia para responder)?

Dados:

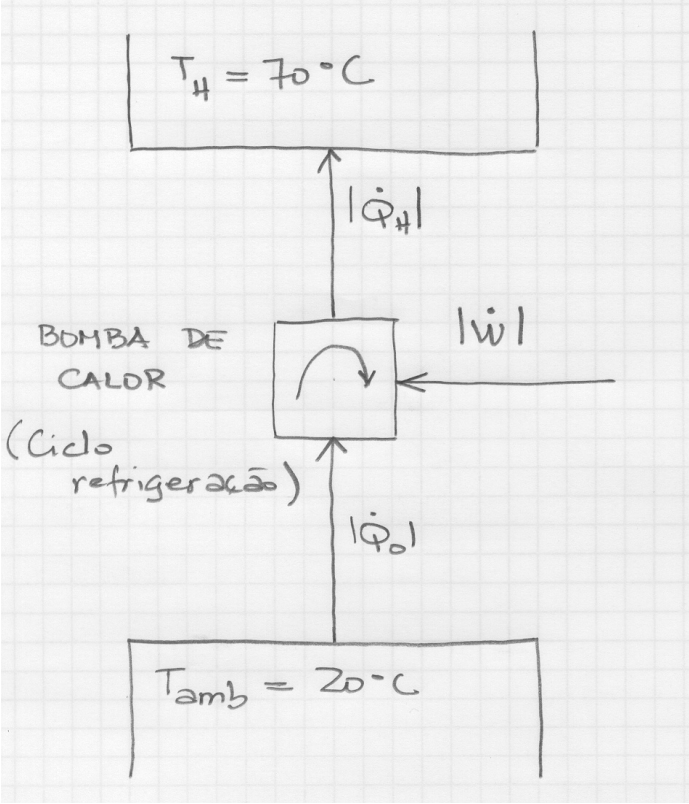
Para um gás perfeito com $C_p$ constante vale a relação: $h_B - h_A = C_p (T_B - T_A)$

$T_{amb}$ = 20 °C // $Cp_{ar}$ = $Cp_{gases}$ = 1 kJ/kg.K // $T_2 = T_{amb}$

Entalpia da água e vapor: $h_3 = 100\,kJ/kg$ // $h_4 = 3100\,kJ/kg$

**Questão 3:**

Uma máquina térmica que pode promover o uso mais eficiente da energia é a bomba de calor. Uma bomba de calor elétrica opera segundo um ciclo de refrigeração por compressão de vapor (ciclo Rankine inverso), mas o objetivo do equipamento, ao invés de resfriar um meio, é promover o aquecimento de um meio que se encontra em uma temperatura maior do que a do ambiente.




A figura ao lado é uma representação esquemática de uma bomba de calor elétrica. Ela retira a taxa de calor $\left|\dot{Q}_0\right|$ do meio ambiente (energia "gratuita"), utiliza a potência mecânica $\left|\dot{W}\right|$ (energia que tem um custo) e fornece a taxa de calor $\left|\dot{Q}_H\right|$ para o meio que se quer aquecer. A potência mecânica consumida é proveniente de um motor elétrico. Se o motor elétrico for 100 % eficiente (caso ideal), a potência $\left|\dot{W}\right|$ é igual à potência elétrica consumida no motor elétrico. Conforme mostrado na figura, $\left|\dot{Q}_H\right|$ é a soma de $\left|\dot{W}\right|$ e $\left|\dot{Q}_0\right|$, o que evidencia que a taxa de calor recebida pelo meio sendo aquecido (no exemplo ao lado, na temperatura de 70 °C) é maior do que a potência elétrica consumida. Ou seja, a energia útil obtida é maior do que a energia elétrica gasta. Isso é melhor, por exemplo, do que promover o aquecimento por resistência elétrica. Dessa forma, a bomba de calor promove o uso eficiente da energia, conforme mencionado no início. O desempenho da bomba de calor é medido pelo denominado "coeficiente de eficácia":

$$\beta = \frac{\left|\dot{Q}_H\right|}{\left|\dot{W}\right|}$$

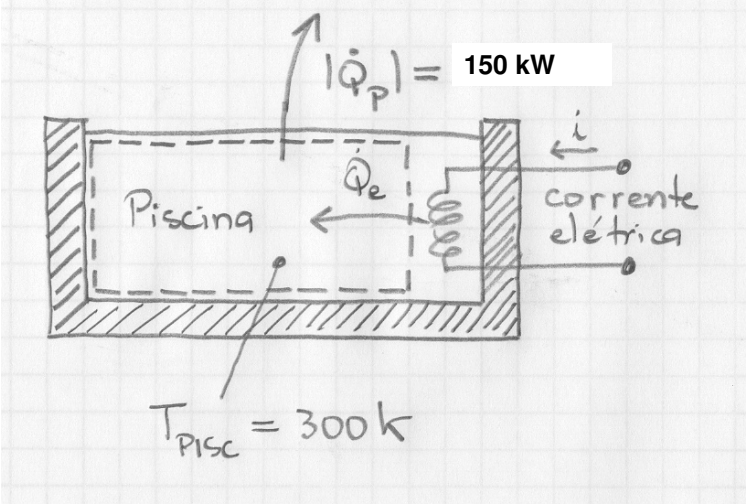
O valor de $\beta$ acima pode ser no máximo igual ao coeficiente de eficácia da máquina ideal (máquina de Carnot), calculado pela seguinte expressão:

$$\beta_{max} = \frac{T_H}{T_H - T_{amb}} \quad \text{(temperaturas em Kelvin)}$$

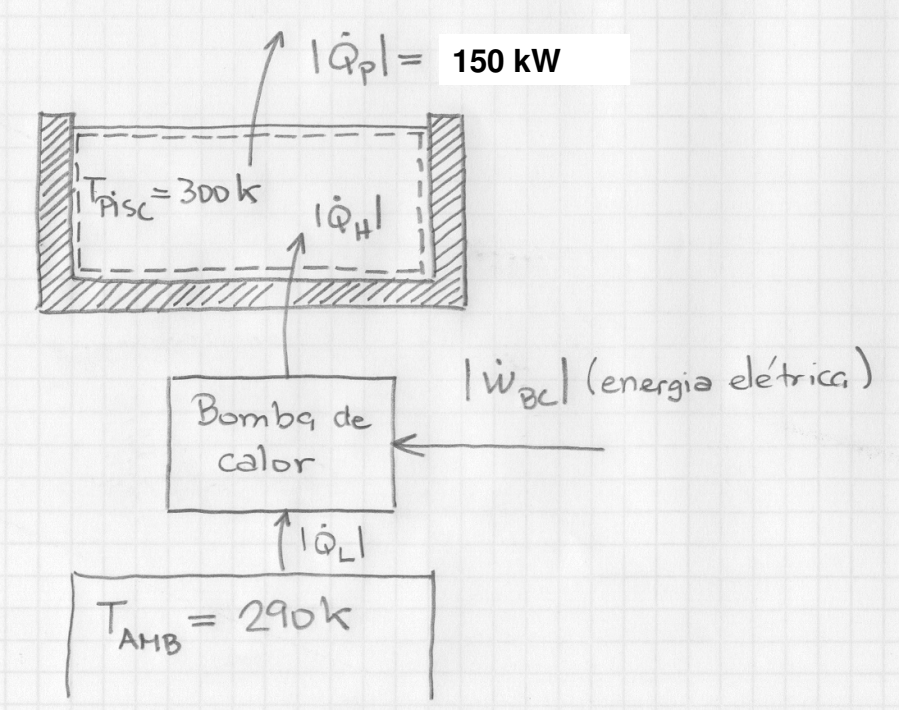
Não existe máquina que tenha um desempenho superior ao da máquina de Carnot. ISSO É FISICAMENTE IMPOSSÍVEL.

Considere agora uma piscina de água (lazer) cuja temperatura deve ser mantida em 300 K, num ambiente em que a temperatura é de 290 K. A piscina perde para o ambiente a taxa de calor apresentada na figura. Duas alternativas são estudadas: aquecimento com resistência elétrica e com bomba de calor. Adotando regime permanente, pede-se:

a) Determinar a taxa de calor requerida $\left|\dot{Q}_E\right|$ no caso de uso da resistência elétrica.
b) Um vendedor (vendedor A) de bomba de calor ofereceu um equipamento que consome $\left|\dot{W}_{BC}\right| = 0,3\,kW$. É possível isto ? Justifique (sugestão: compare $\beta_{real}$ com $\beta_{CARNOT}$).
c) Outro vendedor (vendedor B) de bomba de calor ofereceu um equipamento que consome $\left|\dot{W}_{BC}\right| = 15\,kW$. É possível isto ? Justifique.
d) Qual alternativa você escolheria ? (Observe que $\left|\dot{Q}_E\right|$ do item (a) é igual à potência elétrica consumida e que $\left|\dot{W}_{BC}\right|$ também é potência elétrica consumida ).




**Aquecimento com resistência elétrica**




**Aquecimento com bomba de calor**

**Questão 4:**

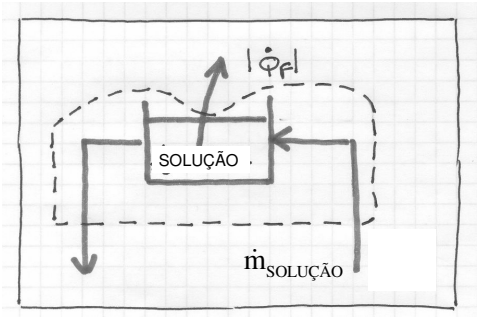
A conversão de energia térmica em energia mecânica, ou vice-versa, é frequentemente realizada por máquinas térmicas que operam segundo ciclos termodinâmicos. Os ciclos que convertem energia térmica em energia mecânica são ciclos motores. Aqueles que utilizam energia mecânica para retirar calor de um meio que se deseja resfriar são os ciclos de refrigeração. Pede-se:

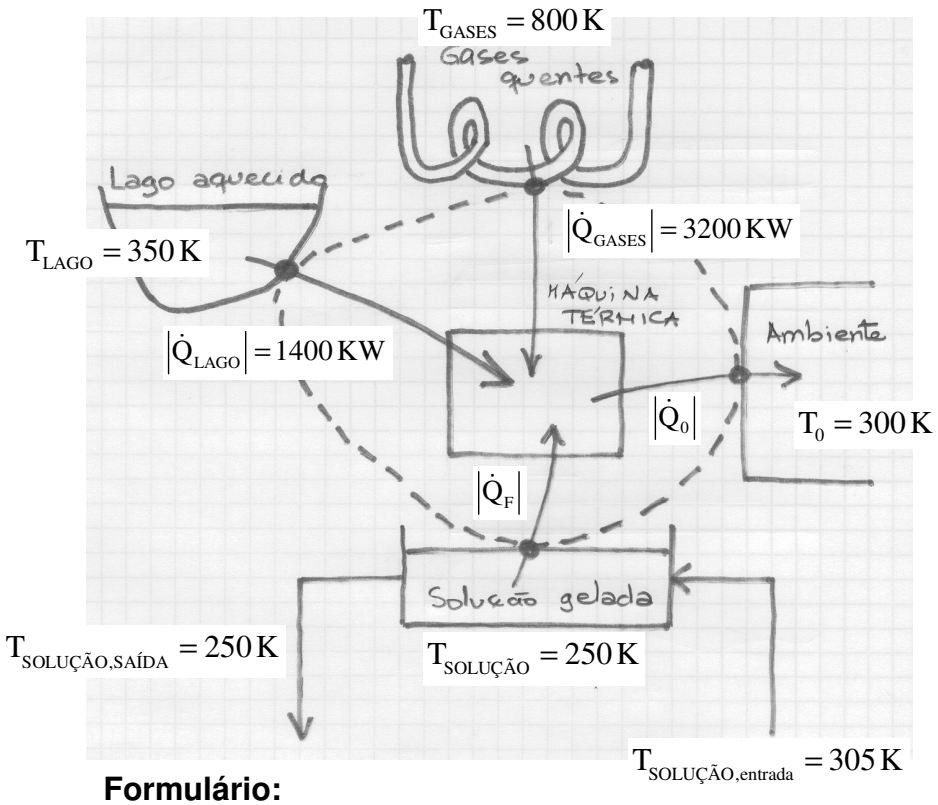
a) Apresentar o fluxograma simplificado do ciclo Brayton fechado e do ciclo Brayton aberto.
b) Defina cogeração. Apresente um exemplo simples de aplicação do conceito de cogeração.

**Questão 5:**

Tendo em vista a atual preocupação com a questão ambiental, um industrial resolveu aumentar a eficiência energética de sua indústria. Ele precisa resfriar uma solução de 305 K a 250 K retirando dela uma taxa de calor $\left|\dot{Q}_F\right|$. Para isso instalou uma máquina térmica que retira calor de um lago natural aquecido. O resto da energia necessária é obtido retirando calor de gases quentes a 800 K. A máquina tem que rejeitar uma taxa de calor $\left|\dot{Q}_0\right|$ para o ambiente. Considerando operação em regime permanente, pede-se:

a) Determine o máximo valor de $\left|\dot{Q}_F\right|$ produzido e também o respectivo valor de $\left|\dot{Q}_0\right|$, ambos em kW.
b) Utilizando o volume de controle apresentado no destaque, determine a máxima vazão de solução produzida. Adote $C_{p,solução}$ = 4/kg.K




**Formulário:**

1ª Lei da Termodinâmica para sistema fechado, regime permanente:

$$\sum \pm \left|\dot{Q}\right| = \sum \pm \left|\dot{W}\right|$$

(calor entrando é positivo; trabalho saindo é positivo)

2ª Lei da Termodinâmica para sistema fechado, regime permanente:

$$\sum \pm \frac{\left|\dot{Q}\right|}{T} + \dot{S}_{gerado} = 0 \quad \text{(T em Kelvin)}$$