



**POLITECNICO**  
MILANO 1863

# Esercitazione 06 - Cicli a gas

*Esercizio 03* ([link registrazione](#))

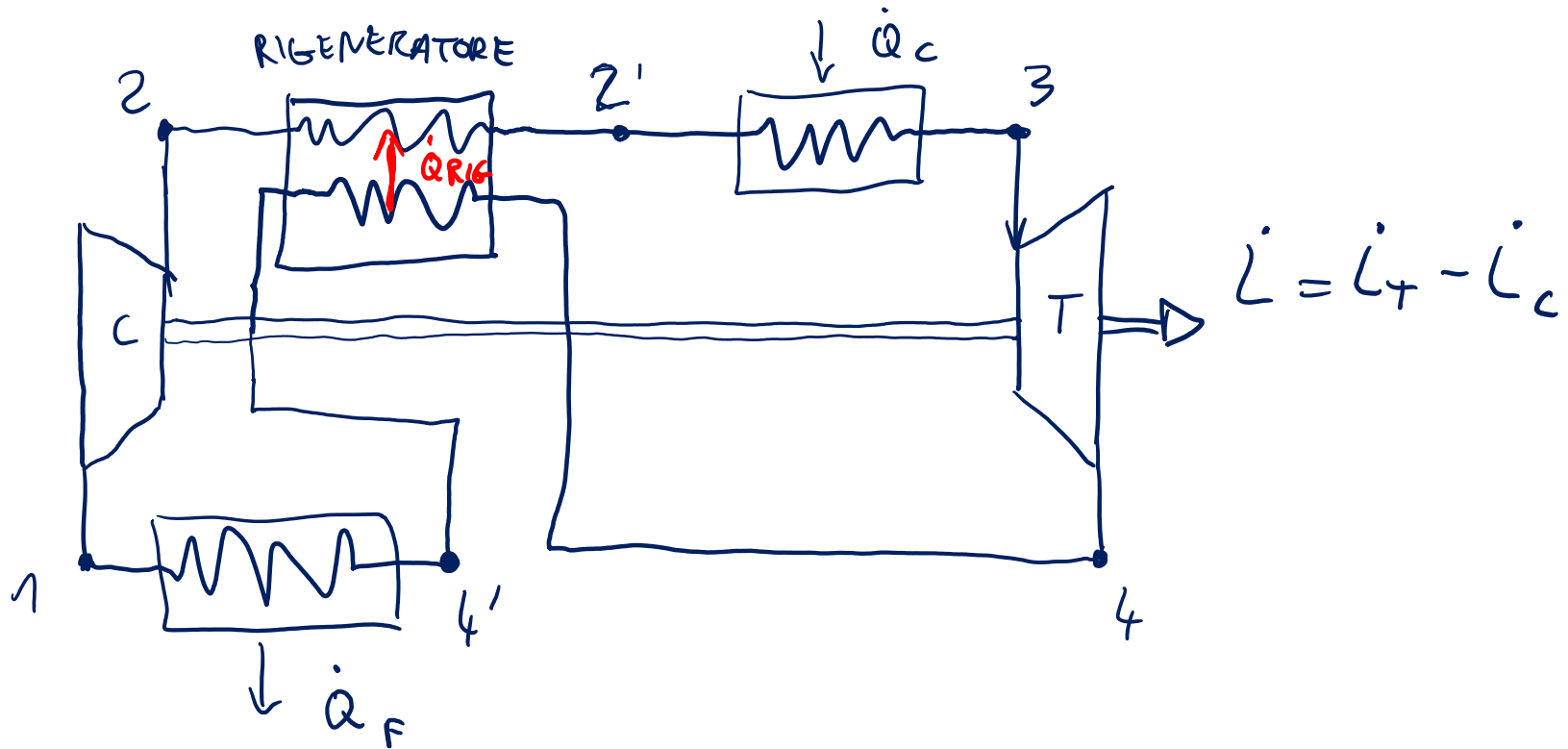
**Corso di Fisica Tecnica**  
**a.a. 2019-2020**

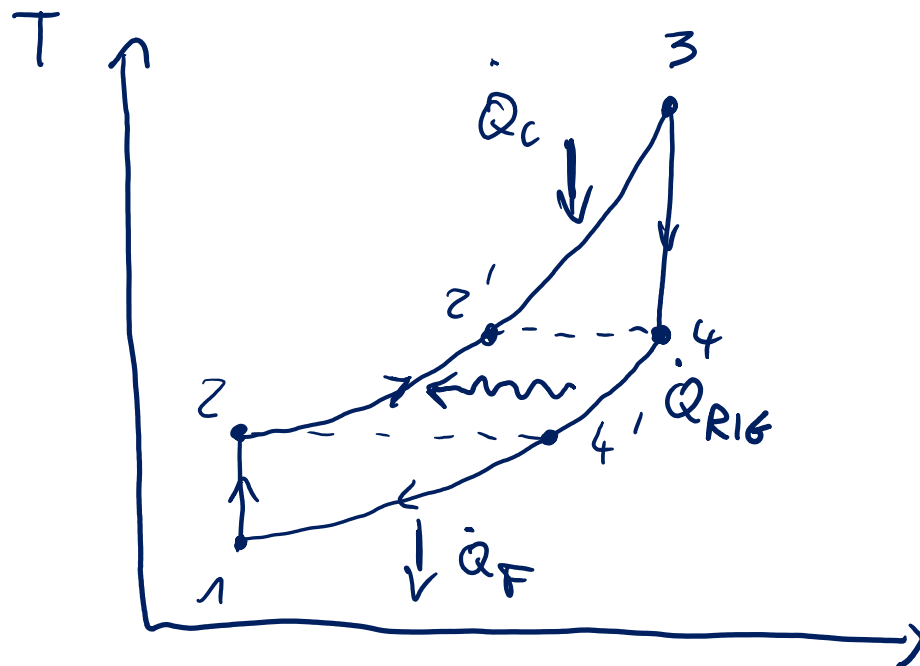
***Prof. Gaël R. Guédon***  
Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano

6.3. *[intermedio]* Una centrale termoelettrica a turbina a gas utilizza un ciclo Joule-Brayton chiuso realizzato con elio ed ha una potenza utile di 1000 MW. Il ciclo, che in questa trattazione viene considerato ideale, ha un rapporto delle pressioni  $r_p = 4$ . Le condizioni di immissione nel compressore sono  $T_1 = 20\text{ }^\circ\text{C}$  e  $P_1 = 1\text{ bar}$ , mentre la temperatura massima del ciclo è pari a  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ . Il ciclo viene realizzato con una rigenerazione (ipotizzata ideale). Si vuole determinare:

- La portata di gas nell'impianto;
- Le potenze meccaniche e termiche scambiate dai singoli componenti il ciclo;
- Il rendimento termodinamico del ciclo.

$$[\dot{m} = 592.7\text{ kg/s}; L_C^{\leftarrow} = 669\text{ MW}; L_T^{\rightarrow} = 1669\text{ MW}; Q_C^{\leftarrow} = 1669\text{ MW}; Q_F^{\rightarrow} = 669\text{ MW}; Q_{RIG} = 679.5\text{ MW}; \eta_I = 0.599]$$





DATI :

$$\dot{L} = 1000 \text{ MW}$$

$$r_p = 4$$

$$T_1 = 20^\circ\text{C} (293 \text{ K})$$

$$P_1 = 1 \text{ bar}$$

$$T_3 = 1000^\circ\text{C} (1273 \text{ K})$$

S RIGENERAZIONE IDEALE

$$T_{2'} = T_4$$

$$T_{4'} = T_2$$

## Esercizio 03

STATO	P (Pa)	T (K)
1	100 000	293
2	? 400 000	? 510,1
2'	? 400 000	? 731,1
3	? 400 000	1273
4	100 000	? 731,1
4'	100 000	? 510,1

$$T_2 = 510,1 \text{ K}$$

$$\kappa_p = \frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{P_3}{P_1}$$

$$P_3 = P_2 = 400\,000 \text{ Pa}$$

1-2) ISOENTROPICA

$$T_2 = T_1 \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}}$$

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{5}{3} = 1,67$$

(He MONOATOMICO)

## Esercizio 03

3-4) ISOENTROPICA

$$T_4 = T_3 \left( \frac{p_3}{p_4} \right)^{\frac{1-k}{k}} \Rightarrow T_4 = 731,1 \text{ K}$$

$T_4 > T_2$  quindi Rigenerazione effettivamente possibile!

BILANCI

1-2) COMPRESSORE  $\dot{m}(h_1 - h_2) + \dot{Q}_{12}^F + \dot{L}_{12}^F = 0$

$$\Rightarrow \dot{L}_{12}^{\leftarrow} = \dot{L}_c = \dot{m}(h_2 - h_1) \stackrel{\text{G.P.}}{=} \dot{m} c_p (T_2 - T_1)$$

$$c_p = \frac{5}{2} R^* = \frac{5}{2} \frac{8314}{4} = 5196,25 \text{ J/kgK}$$

## Esercizio 03

$$2-2') \text{ RIGENERATORE} \quad \dot{m}(h_2 - h_{2'}) + \dot{Q}_{22'}^{\leftarrow} + \cancel{\dot{L}_{22'}^{\leftarrow}} = 0$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{22'}^{\leftarrow} = \dot{Q}_{\text{RIG}} = \dot{m}(h_{2'} - h_2) \stackrel{\text{G.P.}}{=} \dot{m} c_p (T_{2'} - T_2)$$

$$2'-3) \text{ SCAMBIATORE} \quad \dot{m}(h_{2'} - h_3) + \dot{Q}_{2'3}^{\leftarrow} + \cancel{\dot{L}_{2'3}^{\leftarrow}} = 0$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{2'3}^{\leftarrow} = \dot{Q}_C = \dot{m}(h_3 - h_{2'}) \stackrel{\text{G.P.}}{=} \dot{m} c_p (T_3 - T_{2'})$$

$$3-4) \text{ TURBINA} \quad \dot{L}_T = \dot{m} c_p (T_3 - T_4)$$

$$4-4') \text{ RIGENERATORE} \quad \dot{Q}_{44'}^{\rightarrow} = \dot{Q}_{\text{RIG}} = \dot{m} c_p (T_4 - T_{4'})$$

$$4'-1) \text{ SCAMBIATORE} \quad \dot{Q}_F = \dot{m} c_p (T_{4'} - T_1)$$

## Esercizio 03

$$\dot{L}_c = 669 \text{ MW}$$

$$\dot{L}_T = 1669 \text{ MW}$$

$$\dot{Q}_{RIG} = 680 \text{ MW}$$

$$\dot{Q}_c = 1669 \text{ MW}$$

$$\dot{Q}_F = 669 \text{ MW}$$

$$\dot{m} = ?$$

$$\dot{L} = \dot{L}_T - \dot{L}_c$$

$$\dot{L} = \dot{m} c_p [(T_3 - T_4) - (T_2 - T_1)]$$

$$\dot{m} = \frac{\dot{L}}{c_p (T_3 - T_4 - T_2 + T_1)}$$

$$\dot{m} = 592,7 \text{ kg/s}$$

$$\eta_{RIG} = \frac{\dot{L}}{\dot{Q}_c} = \frac{1000}{1669} = 0,599$$

$$\eta_{TO} = \frac{\dot{L}}{\dot{Q}_c + \dot{Q}_{RIG}} = \frac{1000}{2349} = 0,426$$