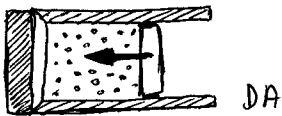
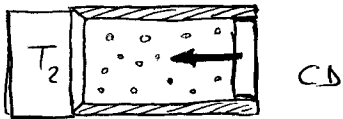
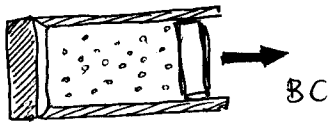
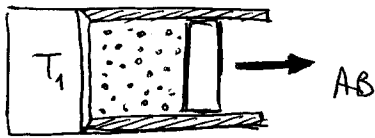
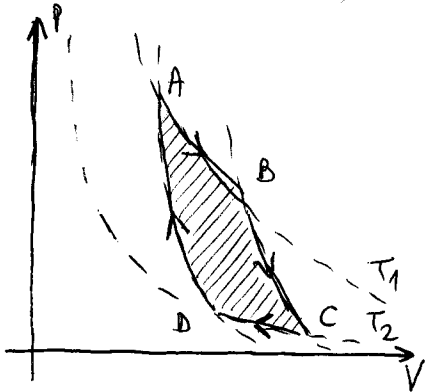


CICLO DI CARNOT

QUAL È IL CICLO TERMODINAMICO CHE, OPERANDO TRA DUE TEMPERATURE ESTREME T_1 E T_2 , RAGGIUNGE IL MASSIMO RENDIMENTO? TALE CICLO È IL CICLO DI CARNOT, DAL NOME DEL FISICO SADI CARNOT (1796-1832), FORMATO DA DUE ISOTERMIE E DUE ADIABATICHE, COME IN FIGURA. SI TRATTA DI TRASFORMAZIONI ASSOLUTAMENTE REVERSIBILI. ESSO SI PUÒ REALIZZARE COME SI VEDE IN FIGURA. SI PONE UNO SCAMBIO CONTINUAMENTE DEL GAS PERFETTO A CONTATTO CON UNA SORGENTE DEL GAS PERFETTO A TEMPERATURA T_1 , E SU SI FA COMPIERE UN'ESPANSIONE ISOTERMA, FACENDO INNAZARE MOLTO LENTAMENTE IL PISTONE, IN MODO CHE LA TEMPERATURA DEL FLUIDO NON VARI APPREZZABILMENTE (QUESTA È LA FASE PIÙ DELICATA). SI CHIUDE POI IL TUTTO CON UN TAPPO ADIABATICO E LO SI LASCIA ESPANDERE ADIABATICAMENTE. LA TEMPERATURA ALCORA CALA DA T_1 A T_2 , PERCHÉ IL LAVORO VIENE FATTO A SPESE DELL'ENERGIA INTERNA DEL FLUIDO, E DUNQUE LA SUA TEMPERATURA COMPLESSIVA DIMINUISCE; COSÌ, NEL DIAGRAMMA SI VA DA B A C. POI SI TOLGHE IL TAPPO ADIABATICO E LO SI METTE A CONTATTO CON LA SORGENTE FREDDA CHE GLI SOTTRA CALORE. SE SI ADOPERANO MOLTE PRECAUZIONI, LA TRASFORMAZIONE RISULTA ISOTERMA, E SI VA DA C A D, CON DIMINUIZIONE DI VOLUME. INFINE SI RIVOLTE IL TAPPO E SI COMPIE ADIABATICAMENTE IL TUTTO, FACENDO AUMENTARE L'ENERGIA INTERNA E QUINDI LA TEMPERATURA DEL FLUIDO (TRATTO DA). SI SONO COSÌ RIPRISTINATE LE CONDIZIONI INIZIALI. VALE ALLORA IL:

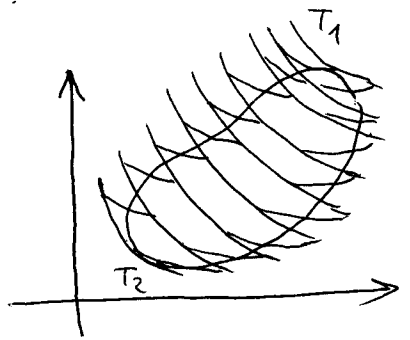


ES. $T_1 = 700 \text{ K}$
 $T_2 = 300 \text{ K}$

$$\eta_c = 1 - \frac{300}{700} = 0,57 = 57\%$$

TEOREMA DI CARNOT - IL RENDIMENTO DI UN CICLO DI CARNOT NON DIPENDE SOLO DALLE TEMPERATURE T_1 E T_2 DUE SORGENTI, ED È IL MASSIMO OTTENIBILE TRA QUELLE TEMPERATURE. ESSO È DATO DA:

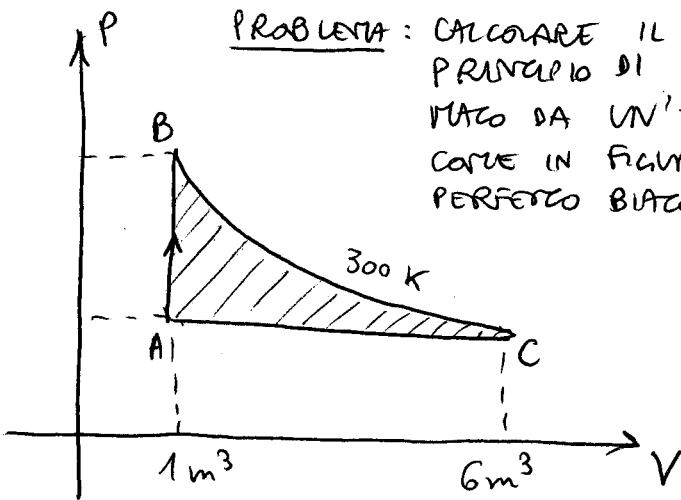
$$\eta_c = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$



CONSIDERIAMO INFATTI UN QUALUNQUE CICLO REVERSIBILE COME IN FIGURA A DESTRA, CHE SCAMBIA CALORE TRA LE TEMPERATURE ESTREME T_1 E T_2 . ESSO PUÒ VENIRE APPROSSIMATO CON TUTTA UNA SERIE DI CICLI DI CARNOT, TALI CHE LE LORO ADIABATICHE DIFFERISANO DI UNA QUANTITÀ INFINITESIMA. IL RENDIMENTO DI TUTTI QUESTI CICLI È LA MEDIA PESATA DI TUTTI QUESTI CICLI, USANDO COME PESI LE DIFFERENZE TRA QUESTE ADIABATICHE. LA MAGGIOR PARTE DI QUESTI CICLI HA TEMPERATURA MASSIMA INFERIORE A T_1 E SUPERIORE A T_2 , PER CUI IL SUO RENDIMENTO È CERTAMENTE INFERIORE A QUELLO DEL CICLO DI CARNOT TRA T_1 E T_2 . ANCHE LA LORO MEDIA PESATA È QUINDI INFERIORE A $(1 - T_2/T_1)$, E DUNQUE IL CICLO DI CARNOT HA PER FORZA IL RENDIMENTO MASSIMO. IL CICLO DI CARNOT HA RENDIMENTO TANTO MIGLIORE QUANTO MAGGIORE È T_1 , CIOÈ LA TEMPERATURA DELLA CALDAIA. DICESI RENDIMENTO DI 2° PRINCIPIO IL RAPPORTO TRA IL RENDIMENTO DI 1° PRINCIPIO DEL CICLO E QUELLO DI UN CICLO TERMODINAMICO DI CARNOT CHE OPERA TRA LE STESSA TEMPERATURE ESTREME:

$$\eta_I = \eta_I / \eta_c$$

PROBLEMA: CALCOLARE IL RENDIMENTO DI PRIMO E DI SECONDO PRINCIPIO DI UN CICLO TERMODINAMICO IDEALE FORMATO DA UN'ISOCORA, UN'ISOBARA E UN'ISOCERA COME IN FIGURA, E PERCORSO DA 1 mol di GAS PERFETTO BIPARTICO.



BC È UN'ISOCERA: $\Delta U = 0$

$$Q_{BC} = W_{BC} = n R T_B \ln \frac{V_C}{V_B} = 8,314 \cdot 300 \cdot \ln 6 = 4469 \text{ J}$$

AC È UN'ISOBARA: $Q_{AC} = n c_p (T_C - T_A) = n \frac{7}{2} R (T_C - T_A) =$

$$T_A \text{ SI TROVA CON LA LEGGE DI CHARLES: } = 3,5 \cdot 8,314 (300 - 50) = 7274,75 \text{ J}$$

$$\frac{V_C}{V_A} = \frac{T_C}{T_A} \rightarrow T_A = \frac{V_A}{V_C} \cdot T_C = 50 \text{ K}$$

MENTRE $P_C = \frac{1 \cdot 8,314 \cdot 300}{6} = 415,7 \text{ Pa}$

DONDE $W_{AC} = P \Delta V = 415,7 (6 - 1) = 2078,5 \text{ J}$

AB È UN'ISOCORA. ADORA $W_{AB} = 0$ E:

$$Q_{AB} = \Delta U = n c_v (T_B - T_A) = 1 \cdot \frac{5}{2} \cdot 8,314 (300 - 50) = 5196,25 \text{ J}$$

SI HA COSÌ:

$$W_{\text{ciclo}} = W_{BC} - W_{AC} = 4469 - 2078,5 \text{ J} = 2390,5 \text{ J}$$

(È L'AREA SOTTO IL CICLO), MENTRE:

$$Q_{\text{ASSORBITO}} = Q_{AB} + Q_{BC} = 5196,25 + 4469 \text{ J} = 9665,25 \text{ J}$$

NE CONSEGUE CHE:

$$\eta_{\text{ciclo}} = \frac{W}{Q_1} = \frac{2390,5 \text{ J}}{9665,25 \text{ J}} = 0,247 = 24,7 \%$$

IL RENDIMENTO DI CARNOT TRA LE TEMPERATURE ESTREME DI 300 K E 50 K È:

$$\eta_C = 1 - \frac{T_A}{T_C} = 1 - \frac{50}{300} = 0,833 = 83,3 \%$$

E QUINDI IL RENDIMENTO DI 2° PRINCIPIO DEL CICLO È:

$$\eta_{II} = \frac{\eta_{\text{ciclo}}}{\eta_C} = \frac{0,247}{0,833} = 0,296 = 29,6 \%$$