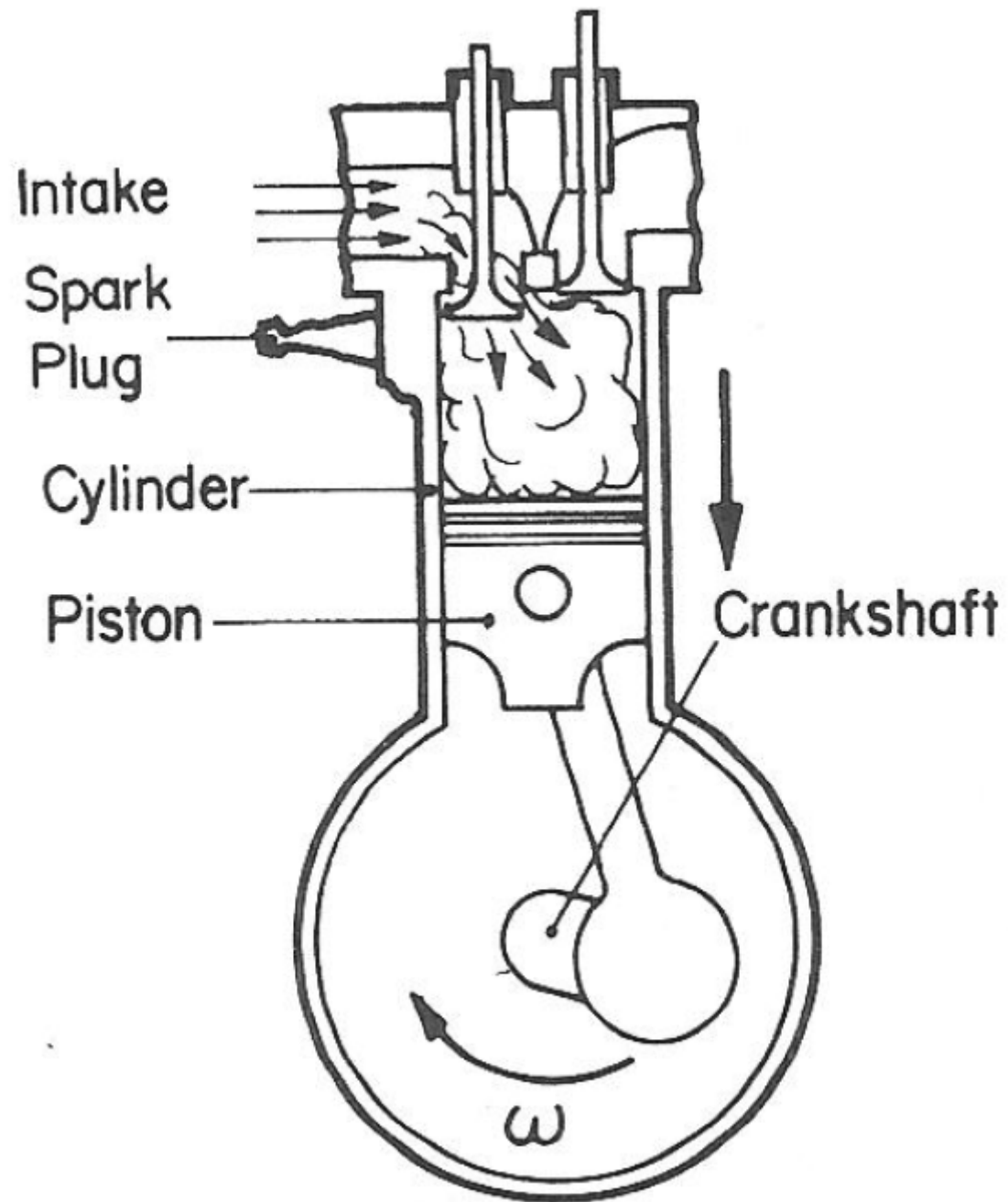


# Motores alternativos de combustão interna

Parte 1

# Introdução

- Sistemas de potência utilizando gás:
  - Turbinas a gás
  - Motores alternativos (ICE, ICO)
- Ciclos a gás modelam estes sist.
  - Embora não trabalhem realmente em ciclo
    - Há sempre renovação de fluido
    - Gás não percorre circuito fechado
- Motores alternativos:
  - Injeção, combustão, expansão, exaustão faz pistão oscilar linearmente
  - Mecanismos: oscilação => rotação de eixo



## Perspectiva histórica

- Jean Joseph Etienne Lenoir, 1860
  - 1º motor alternativo comercializado
  - Semelhante a um motor a vapor (pistão)
  - Sem compressão prévia da mistura
  - Aprox. 5000 motores fabricados entre 1860 e 1865
  - Aprox. 6hp e  $\eta \approx 5\%$
- Alphonse Beau de Rochas, 1862
  - Primeira patente de um motor 4T
  - Compressão da mistura antes da ignição

## Perspectiva histórica

- Nikolaus Otto e Eugen Langen, 1867
  - Sem compressão prévia antes da combustão
  - Apresentação na Exposição Industrial de Paris 1867
  - Aprox. 10000 motores fabricados
  - $\eta \approx 11\%$
- Nikolaus Otto, Gottlieb Daimler e Wilhelm Maybach, 1876
  - Motor 4T para uso comercial
  - Reduzem 1/3 do peso do motor e 1/16 do curso do pistão
  - Características +- dos motores atuais
  - Até 1890 aprox. 50000 motores fabricados
  - $\eta \approx 14\%$

# Perspectiva histórica

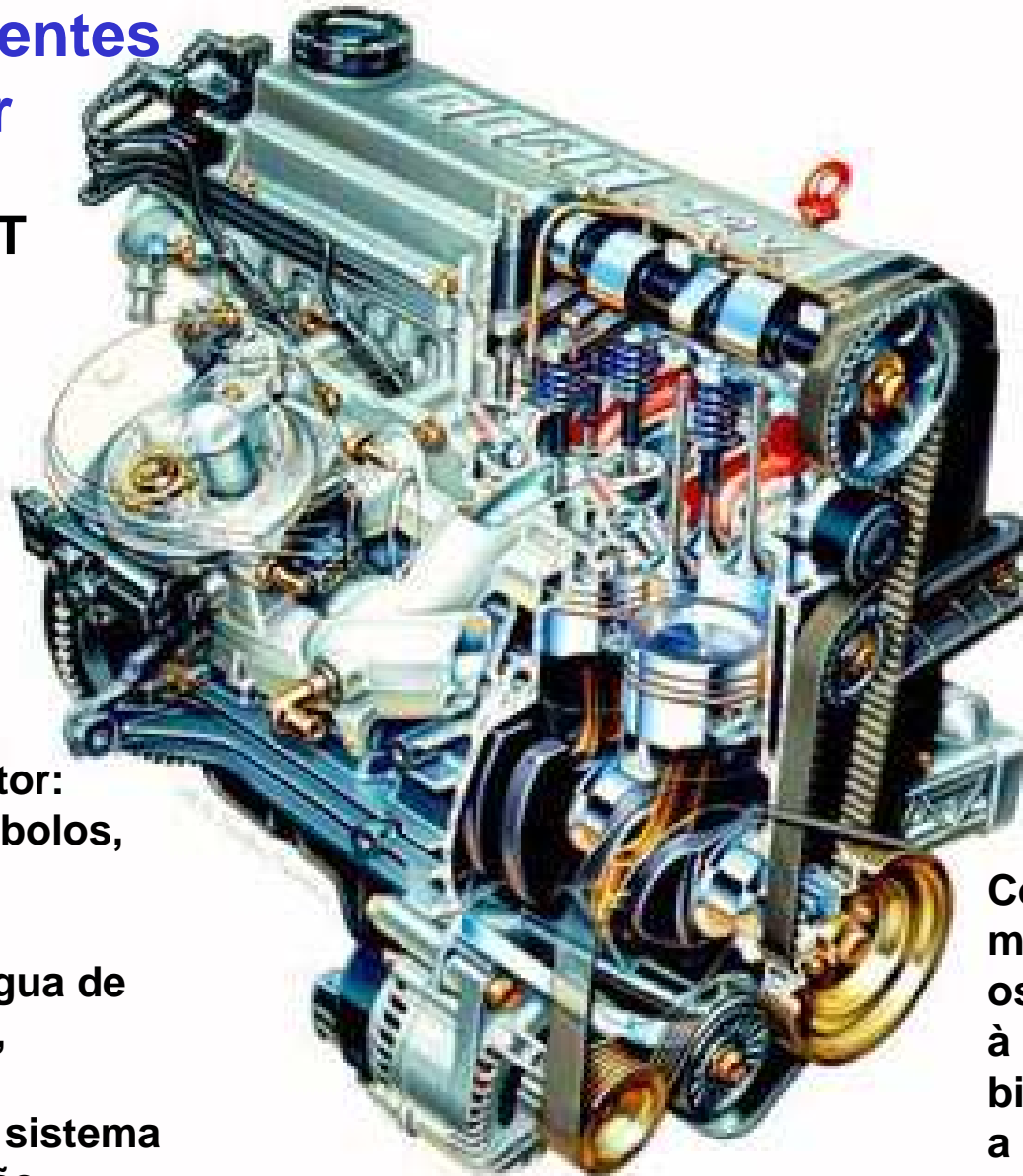
- Karl Benz, 1879
  - Motor 2T bastante robusto
  - Motor 4T menor, mais simples e mais robusto
- Rudolf Diesel, 1892
  - Patente de um motor de ignição por compressão
  - Ignição não se deve à centelha

## Principais componentes de um motor alternativo

- Válvulas de admissão e de escape
- Árvore de comando
- Pistão
- Cilindro
- Molas de segmento
- Biela
- Eixo de manivelas
- Bloco do motor
- (Vela)
- Demais componentes

# Componentes do motor

## Motor FIAT



**Cabeçote do motor :**  
válvulas,  
velas,  
Balancim (controla a abertura das válvulas),  
dutos de admissão e escapamento  
câmaras de explosão

**Correia de transmissão**

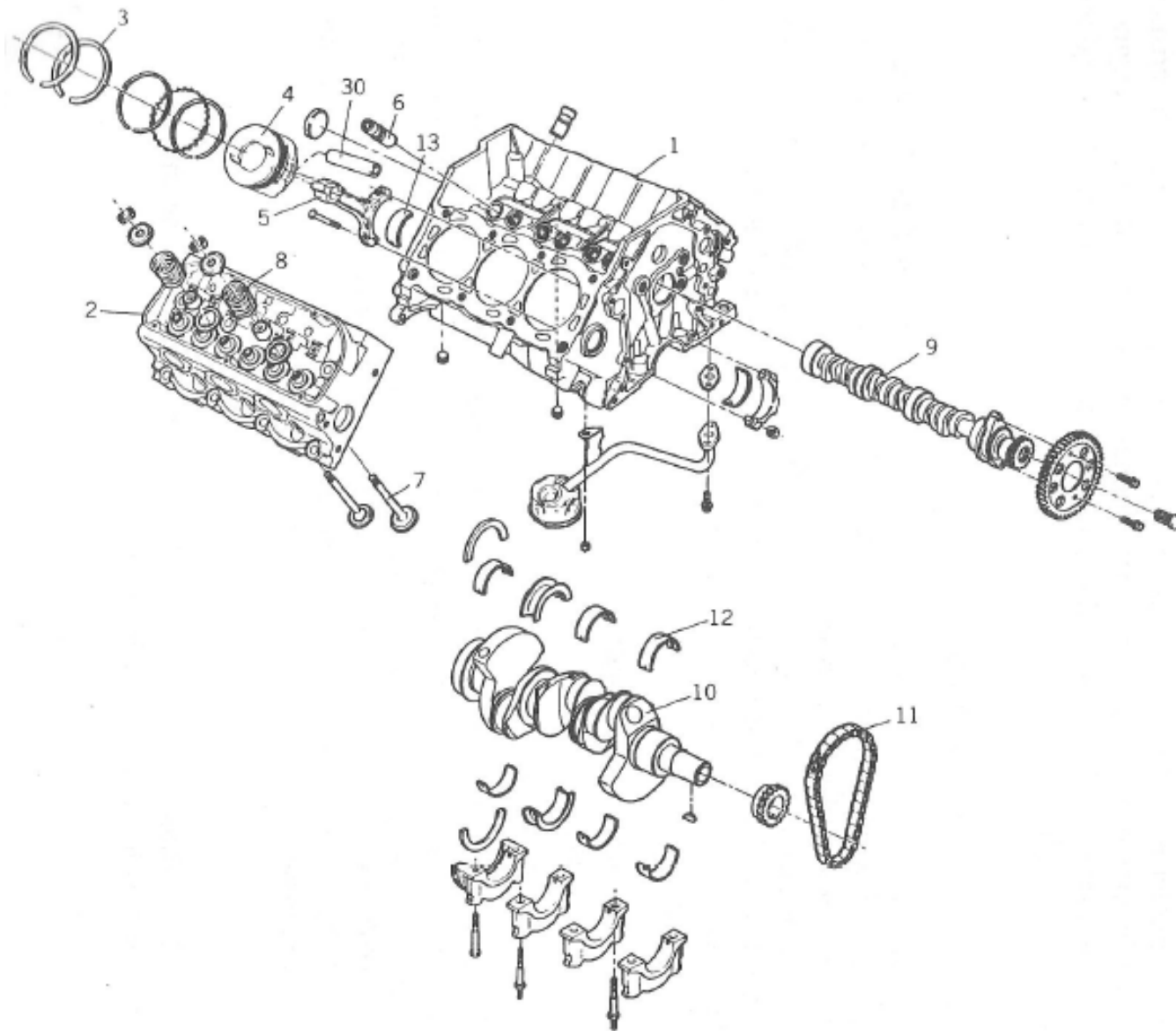
**Bloco do motor:**  
cilindros, êmbolos,  
bielas

dutos para água de resfriamento,

dutos para o sistema de lubrificação

**Conjunto de árvores de manivelas,**  
os pistões estão ligados à árvore por meio das bielas,  
a árvore está apoiada na base do bloco do motor





Key to Figs. 1-1 and 1-2

- 1 Cylinder block
- 2 Cylinder head
- 3 Piston ring
- 4 Piston
- 5 Connecting rod
- 6 Lifter
- 7 Valve
- 8 Valve spring
- 9 Camshaft
- 10 Crankshaft
- 11 Timing chain
- 12 Main bearing
- 13 Rod bearing
- 14 Carburetor
- 15 Throttle
- 16 Intake manifold
- 17 Thermostat
- 18 Flywheel
- 19 Distributor
- 20 Head gasket
- 21 Oil pan
- 22 Fuel pump
- 23 Water pump
- 24 Oil filter
- 25 Exhaust manifold
- 26 Rocker arm
- 27 Pushrod
- 28 Oil pump inside front cover
- 29 Spark plug

## OBS

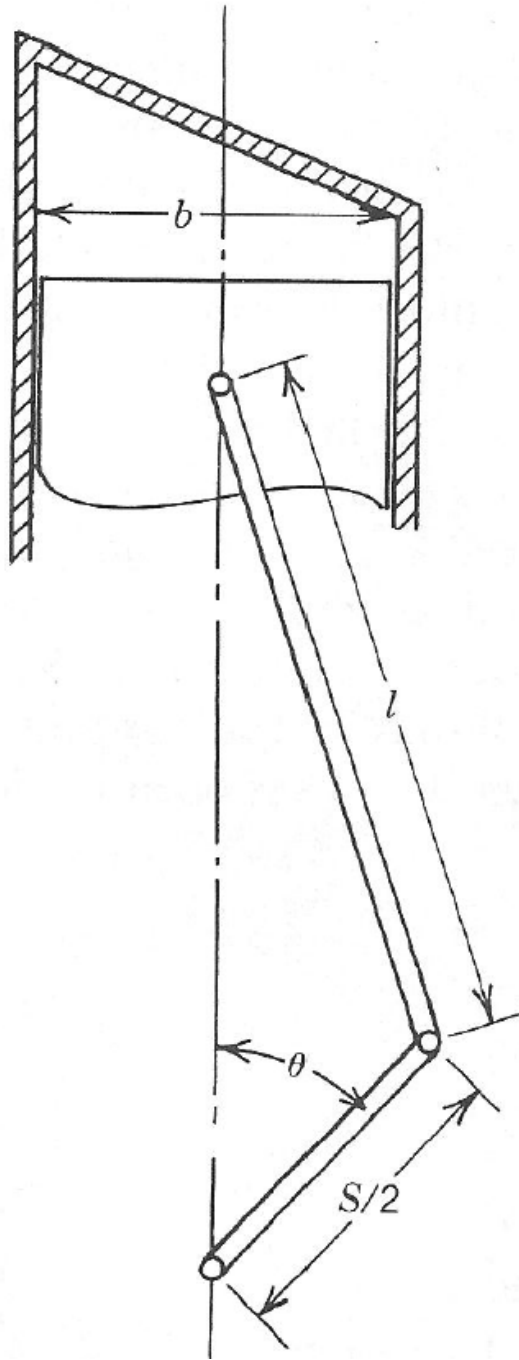
- Oscilação linear do pistão é convertida em rotação de eixo pelo mecanismo biela-manivela
- Existem correias ou correntes ligando o eixo de manivelas à árvore de comando
  - Sincronização do MVT do pistão com abertura e fechamento de válvulas

# Terminologia

- Diâmetro do pistão:  $d$  ou  $b$  (bore, do inglês)
- Ponto morto superior: PMS
  - Posição do pistão na qual o volume de ar no cilindro é mínimo  $V_{min}$
- Ponto morto inferior: PMI
  - Posição do pistão na qual o volume de ar no cilindro é máximo  $V_{max}$
- Curso do pistão:  $S$ 
  - Distância percorrida pelo pistão entre PMI e PMS
- Volume deslocado:  $V_d = V_{max} - V_{min} = \frac{\pi}{4} d^2 S$ 
  - Também conhecido como cilindrada unitária
  - Cilindrada motor =  $V_d \times N^\circ$  total de cilindros

# Terminologia

- Volume da câmara de combustão:  $\forall_c$ 
  - Volume do cilindro qdo. no PMS
- Taxa de compressão:  $r = \forall_{max} / \forall_{min}$
- Pressão média efetiva:  $pme = W_{ciclo} / \forall_d$ 
  - Pressão teórica cte durante curso descendente, produzindo o mesmo trabalho líquido desenvolvido pelo ciclo
- Velocidade do motor ou vel. Rot. Manivela: N
  - Frequência de rotação do eixo de manivelas em rpm
- Velocidade Angular do motor:  $\omega$ 
  - Velocidade de rotação do eixo de manivelas em rad/s

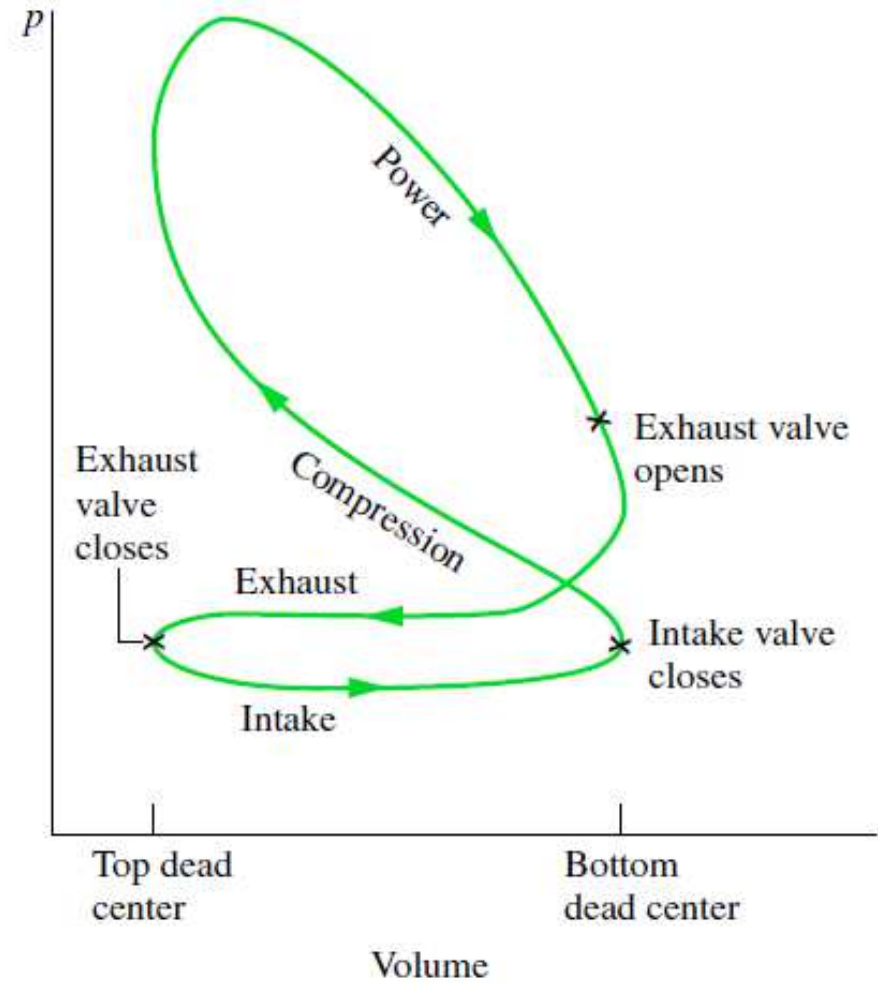
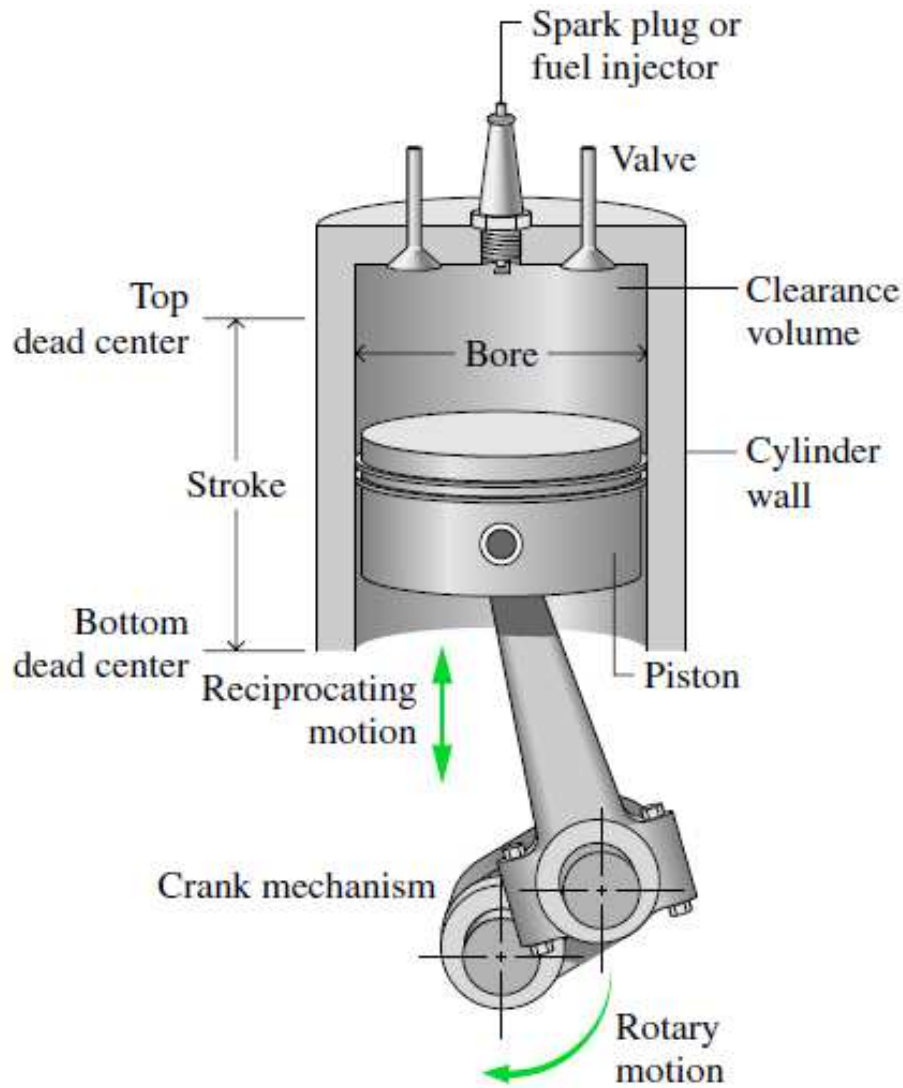


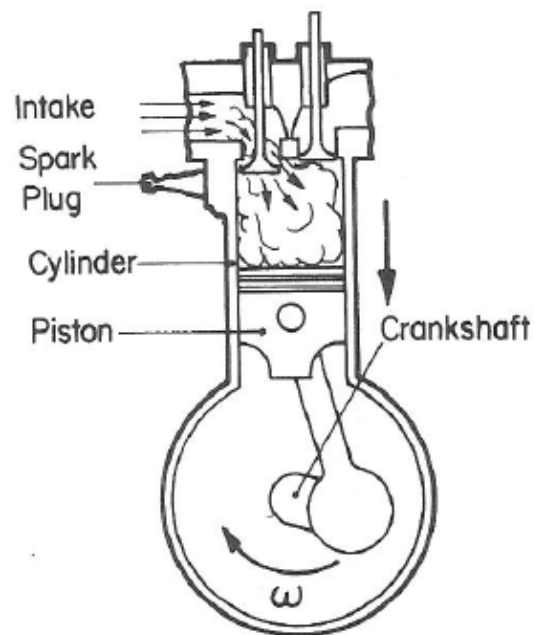
- Curso do pistão:  $S$
- Ângulo da Manivela:  $\theta$

# Tipos de Motores Alternativos

- Quanto à combustão:
  - Ignição por centelha: ICE
    - Compressão de mistura pré-preparada
    - Depende de centelha (vela)
    - Ex: álcool e gasolina
  - Ignição por compressão: ICO
    - Compressão de ar
    - Injeção combustível ao final da compressão
    - Não requer fonte externa de energia
    - Ex: motores diesel
- Quanto ao tipo de ciclo
  - 4T
  - 2T

# Motor 4T



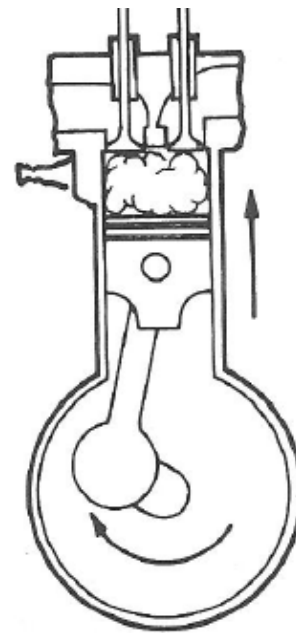


Intake  
Spark  
Plug

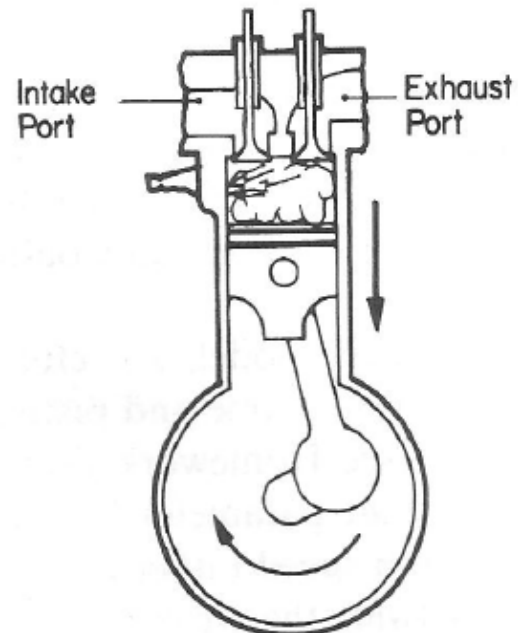
Cylinder  
Piston

Crankshaft

Intake



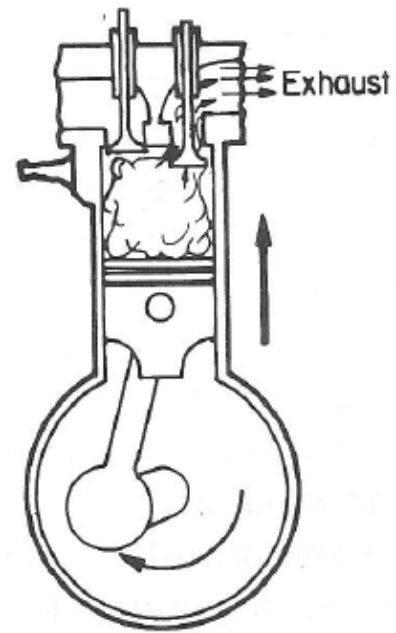
Compression



Intake  
Port

Exhaust  
Port

Power

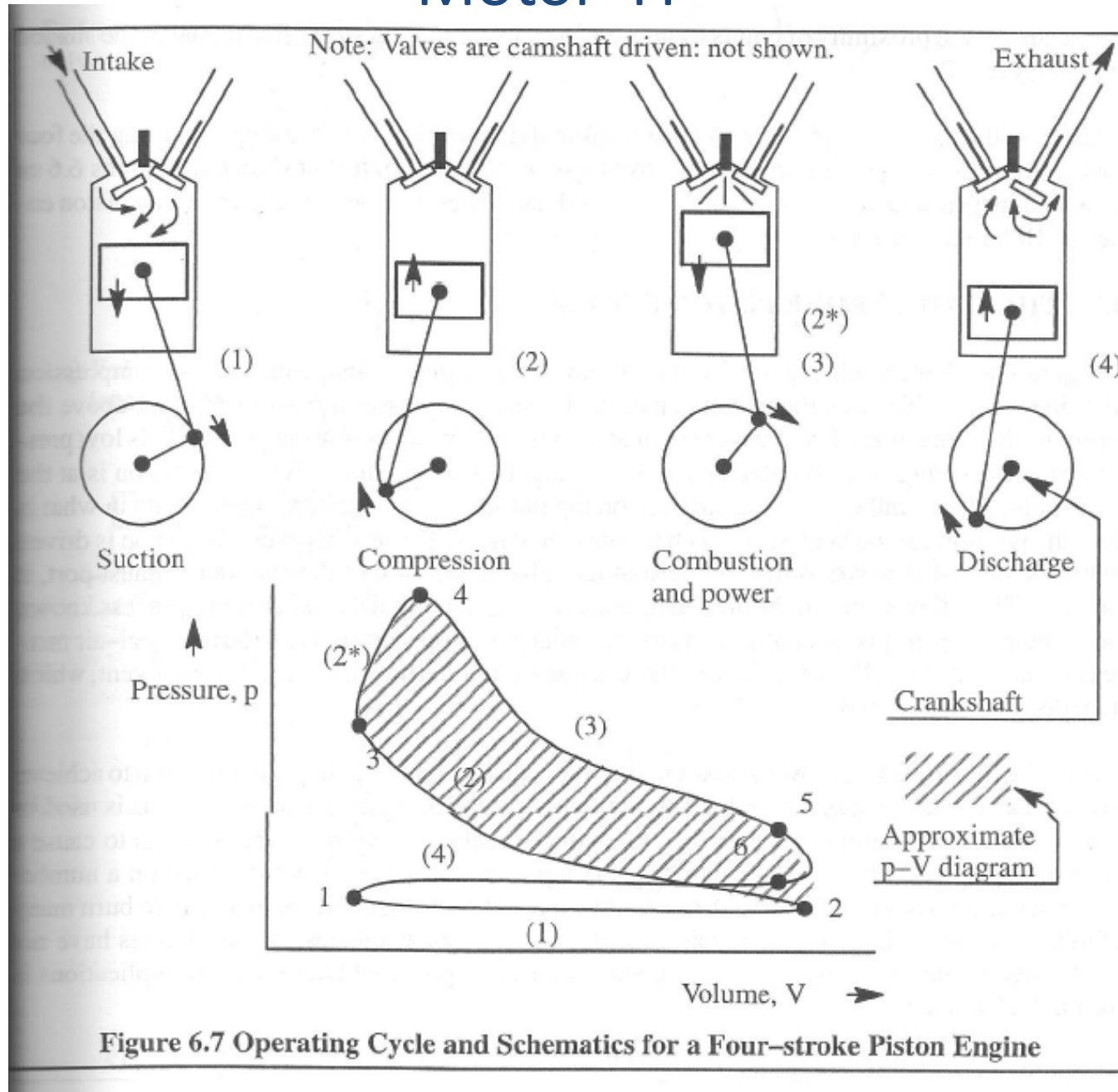


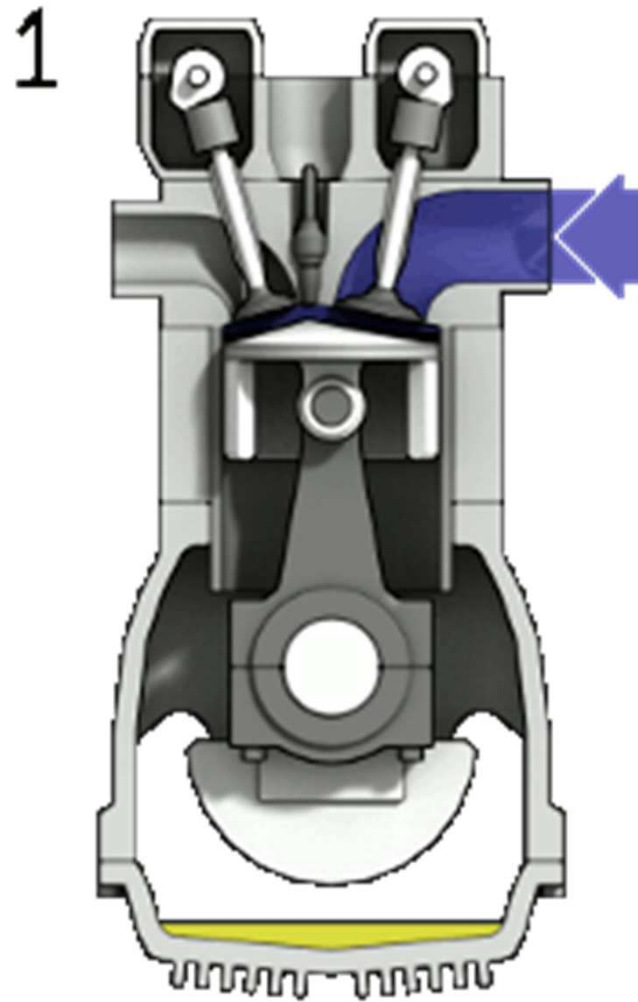
Exhaust

Exhaust



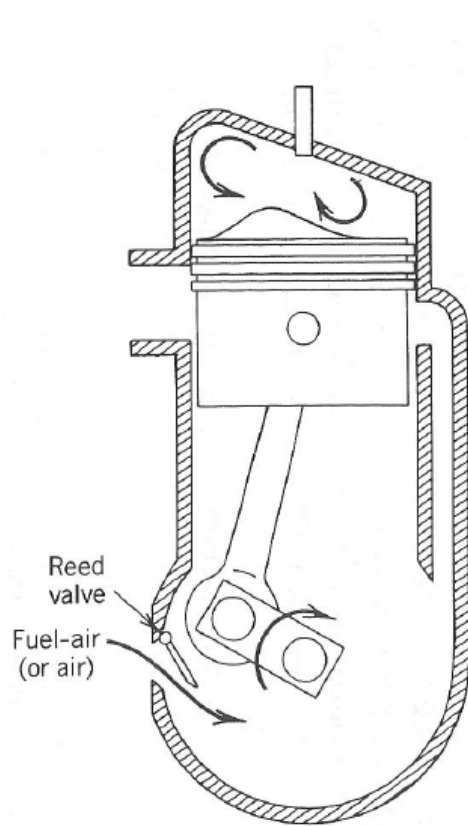
# Motor 4T



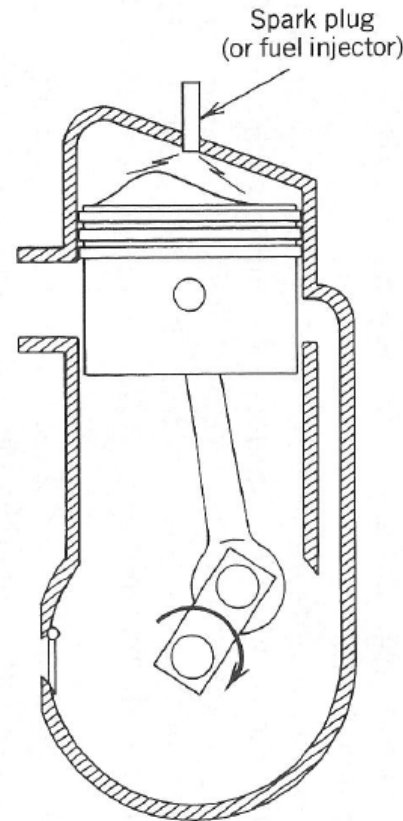


[http://en.wikipedia.org/wiki/File:4StrokeEngine\\_Ortho\\_3D\\_Small.gif](http://en.wikipedia.org/wiki/File:4StrokeEngine_Ortho_3D_Small.gif)

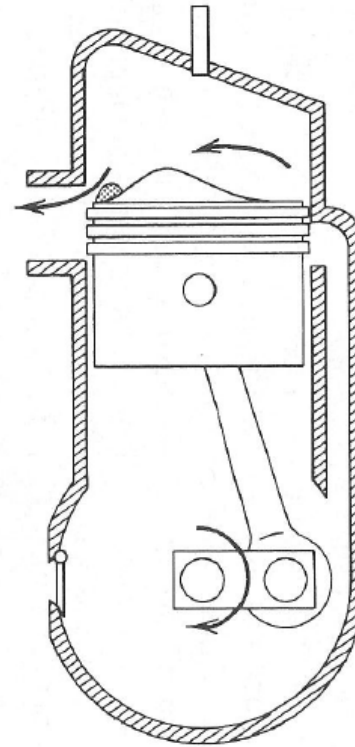
# Motor 2T



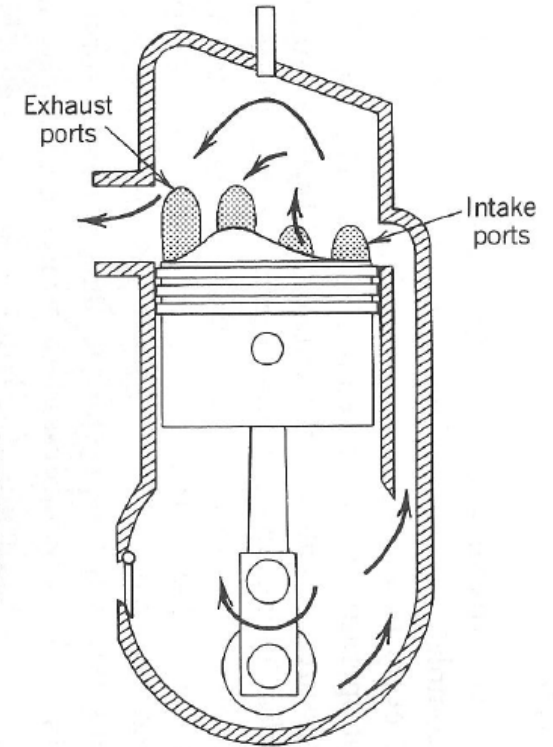
- Compression
- Ports closed
- Air inducted into crankcase



- Combustion, expansion
- Ports closed



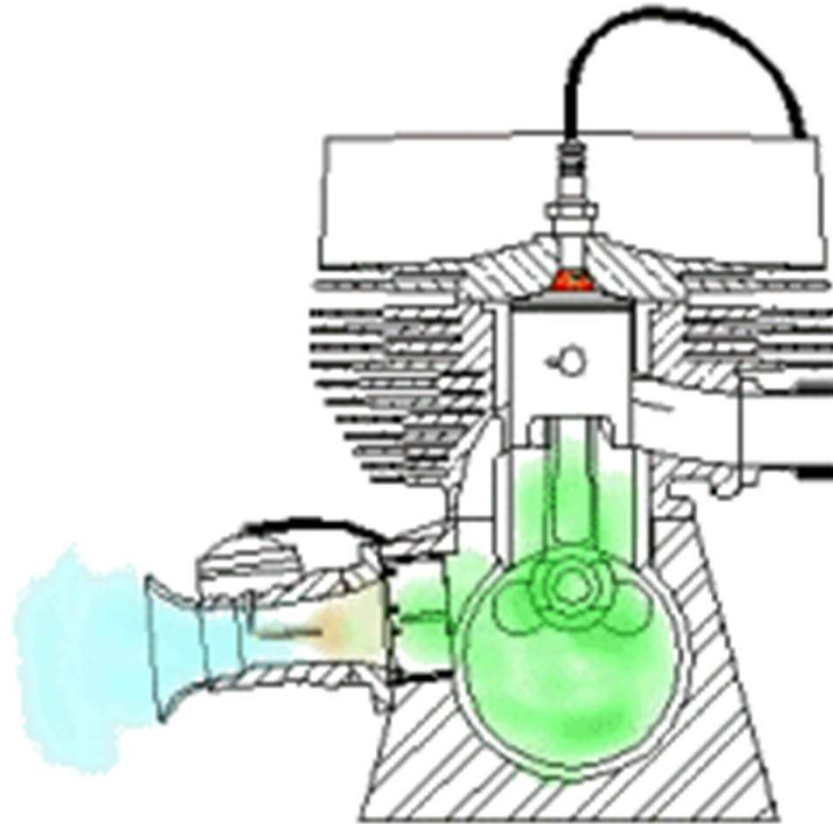
- Exhaust
- Intake port closed



- Scavenging
- Intake
- Ports open
- Reed valve shut

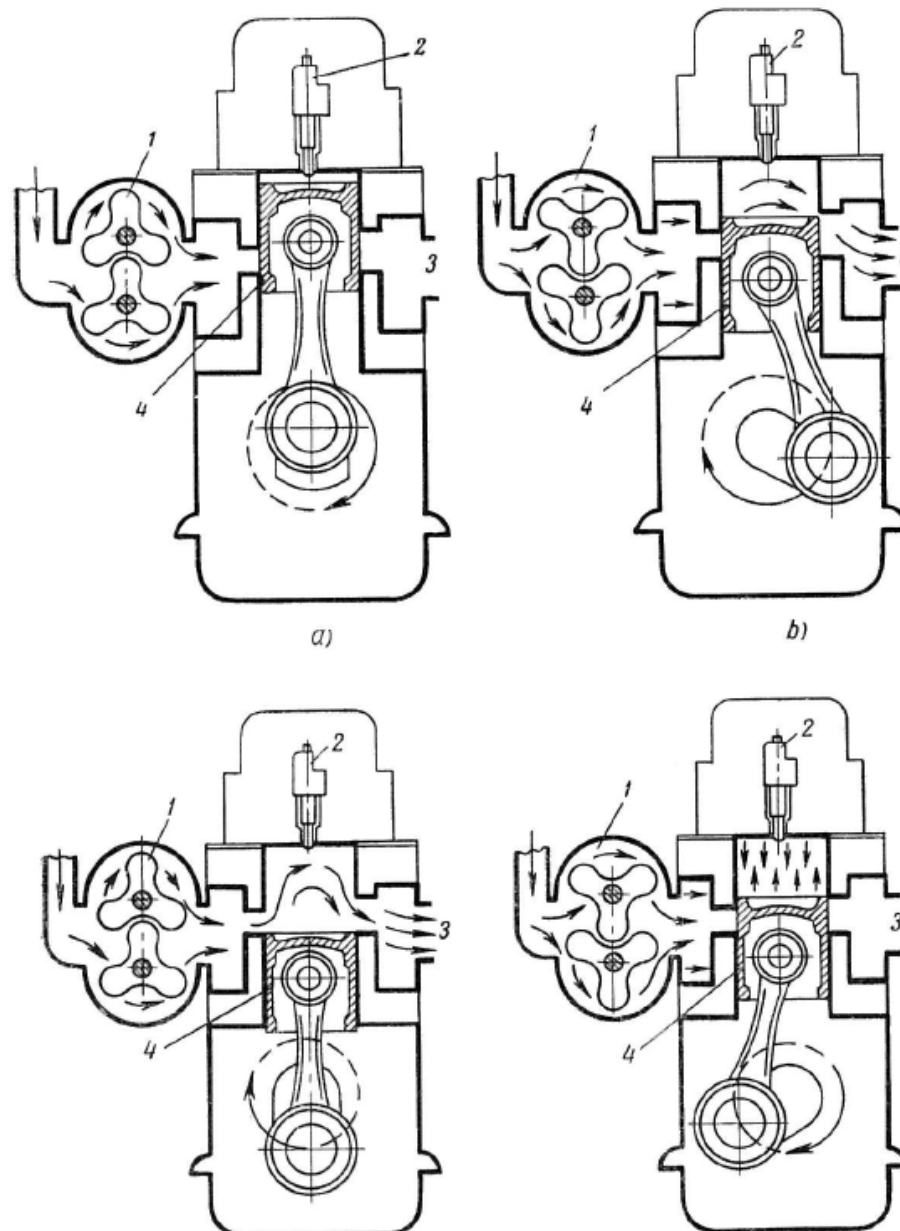
————— Air compressed in crankcase —————  
(Reed valve shut)

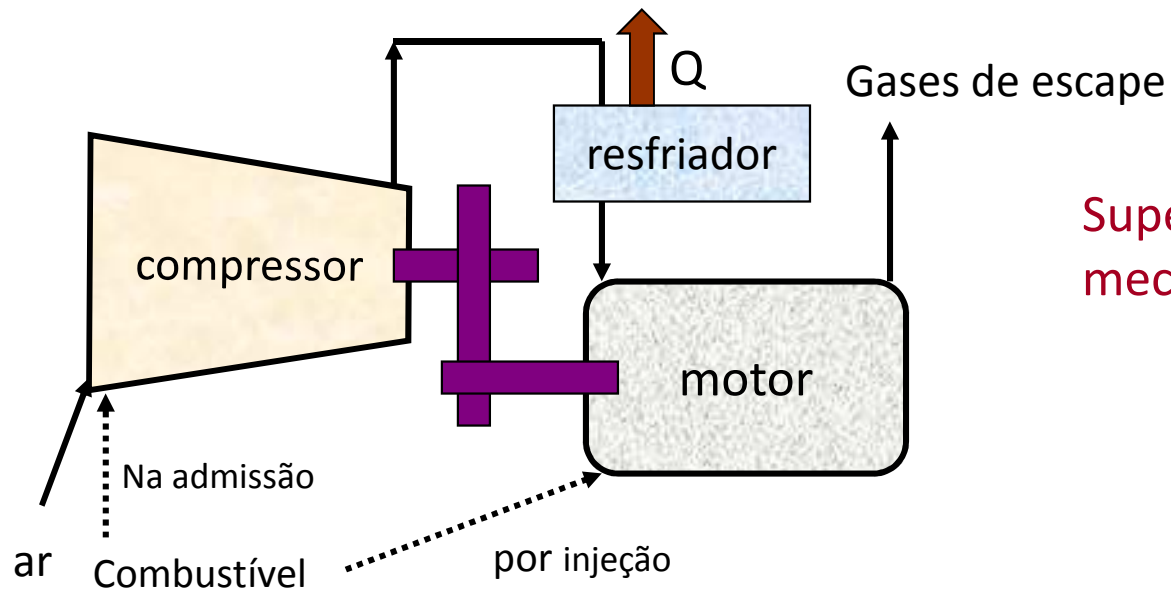
# Motor 2T



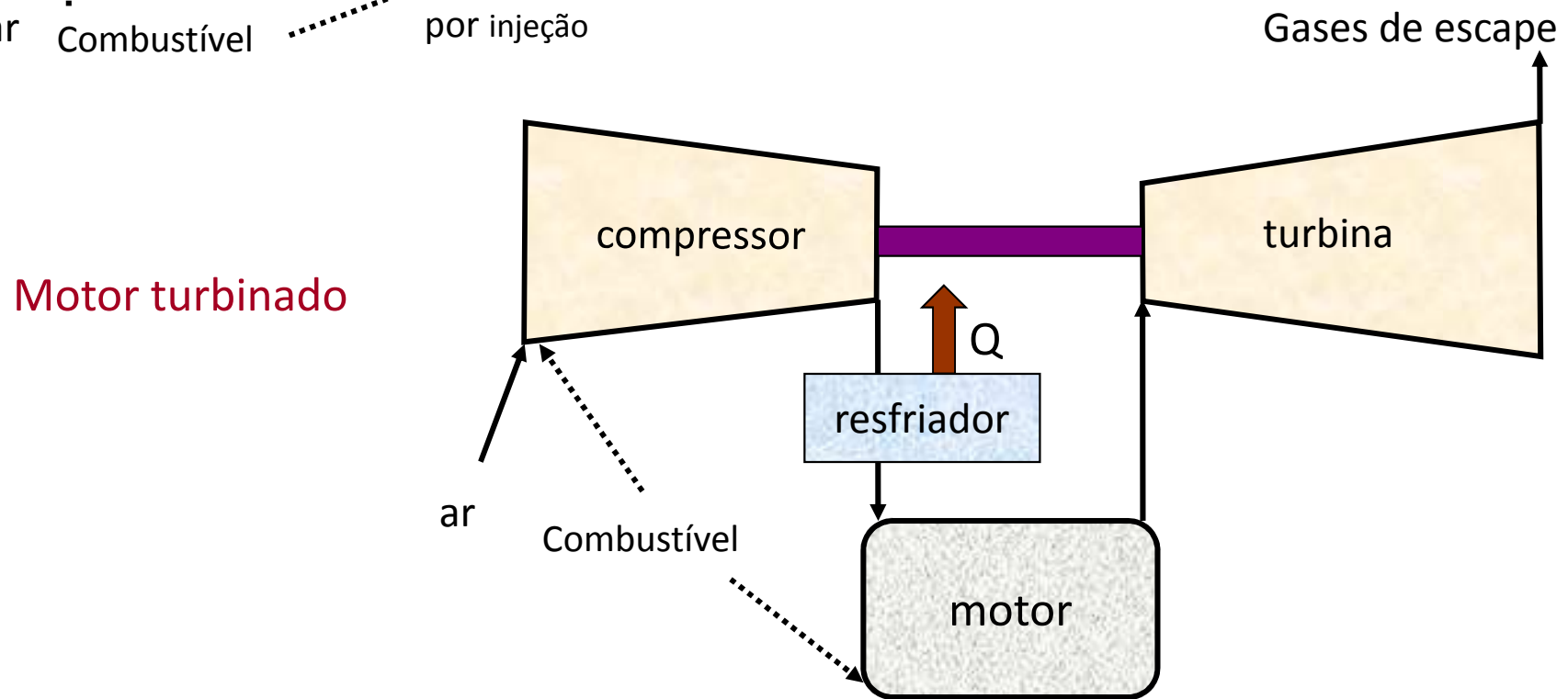
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/31/2-Stroke\\_Engine\\_ani.gif](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/31/2-Stroke_Engine_ani.gif)

# Motor 2T com lavagem cruzada



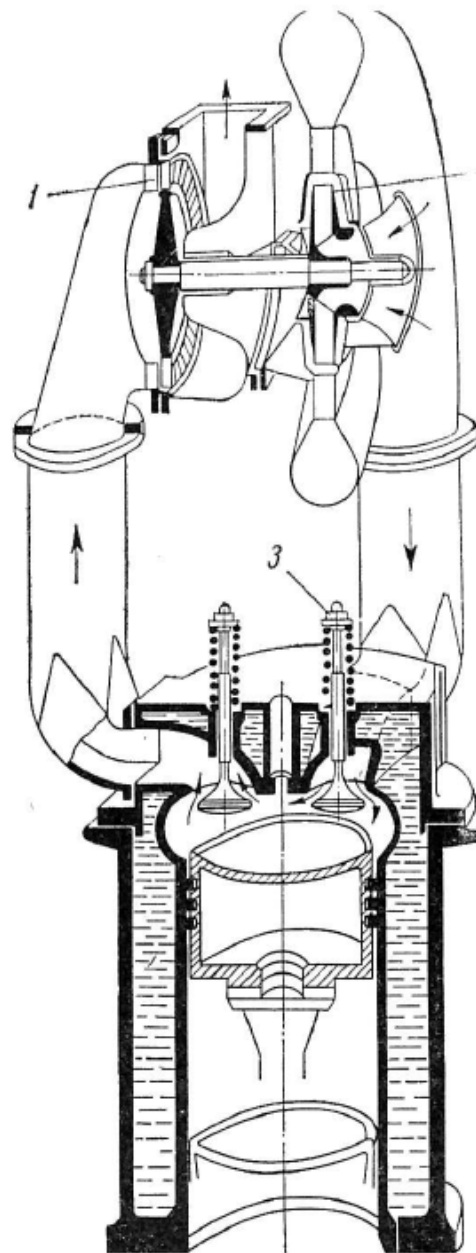


Supercarregamento  
mecânico



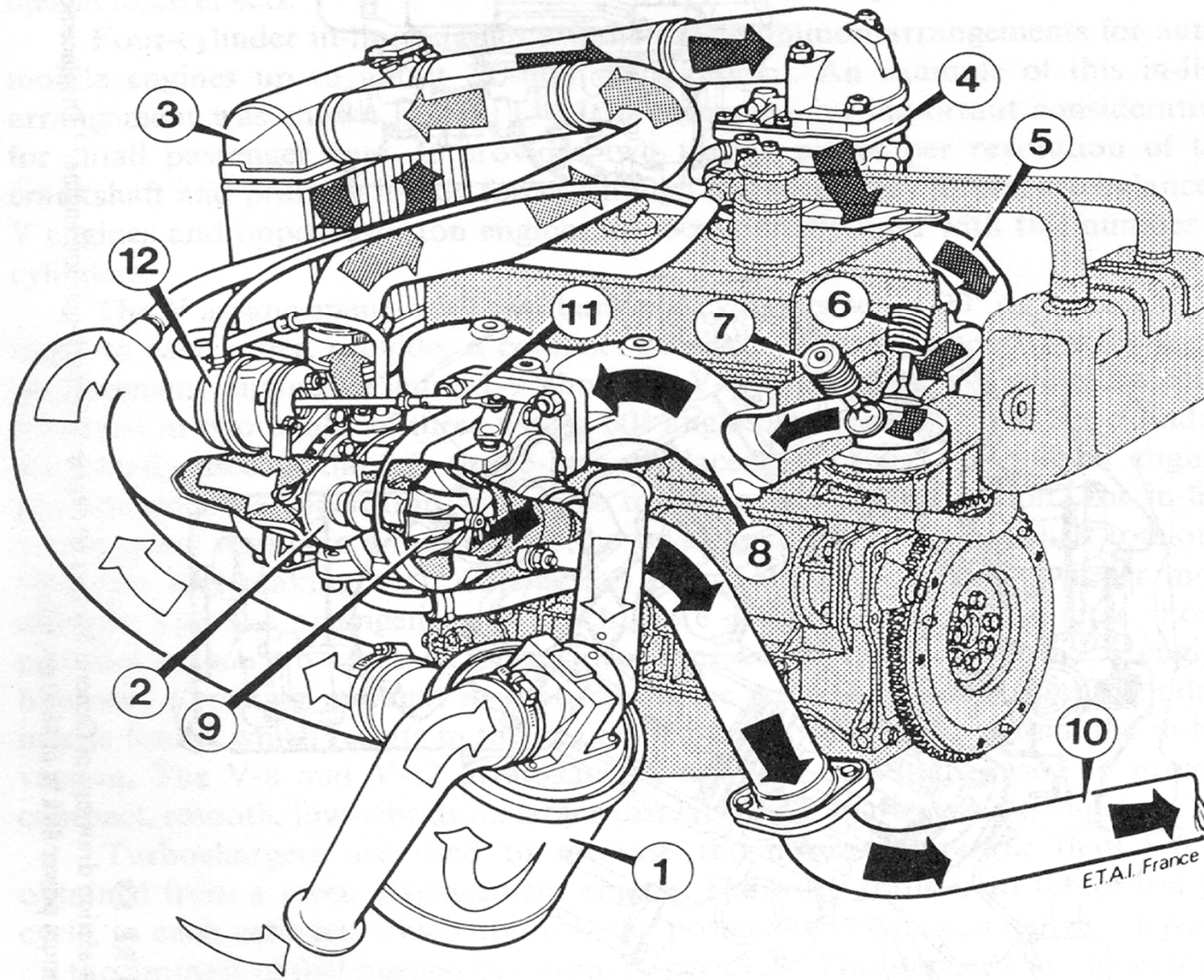
Motor turbinado

# Motor 4T superalimentado





# Motor 4T superalimentado



- 1 - entrada ar
- 2 - compressor
- 3 - interresfriador
- 4 - carburador
- 5 - manifold
- 6 - válvula de entrada
- 7 - válvula
- 8 - manifold
- 9 - turbina
- 10 - saída dos gases
- 11 - sist. Contr. saída dos gases
- 12 - regulador de pressão