

# Motori a combustione interna

## Indice

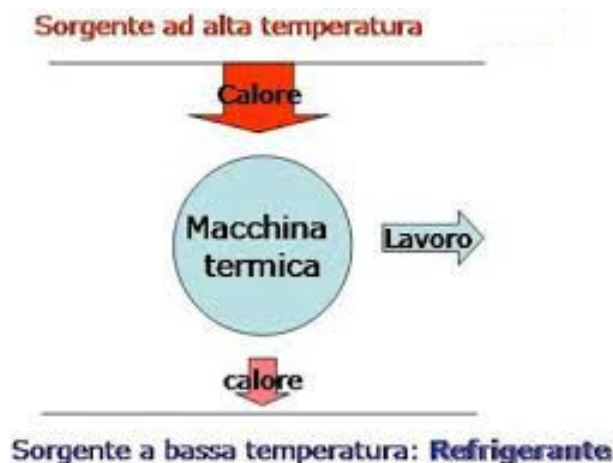
Motori a combustione interna.....	1
Motore quattro tempi a benzina.....	2
Motore due tempi a benzina.....	3
Motore quattro tempi Diesel.....	5
Sistemi ausiliari del motore.....	6
Sistemi di sovralimentazione.....	6

## Motori a combustione interna

**Scopo del motore: fornire energia meccanica**

**energia chimica (benzina) → energia termica (=calore) →  
→ energia meccanica (=lavoro meccanico)**

Il motore è una **macchina termica**:



**Sorgente di calore ad alta temperatura: gas caldi prodotti dalla combustione della benzina (gas combusti).**

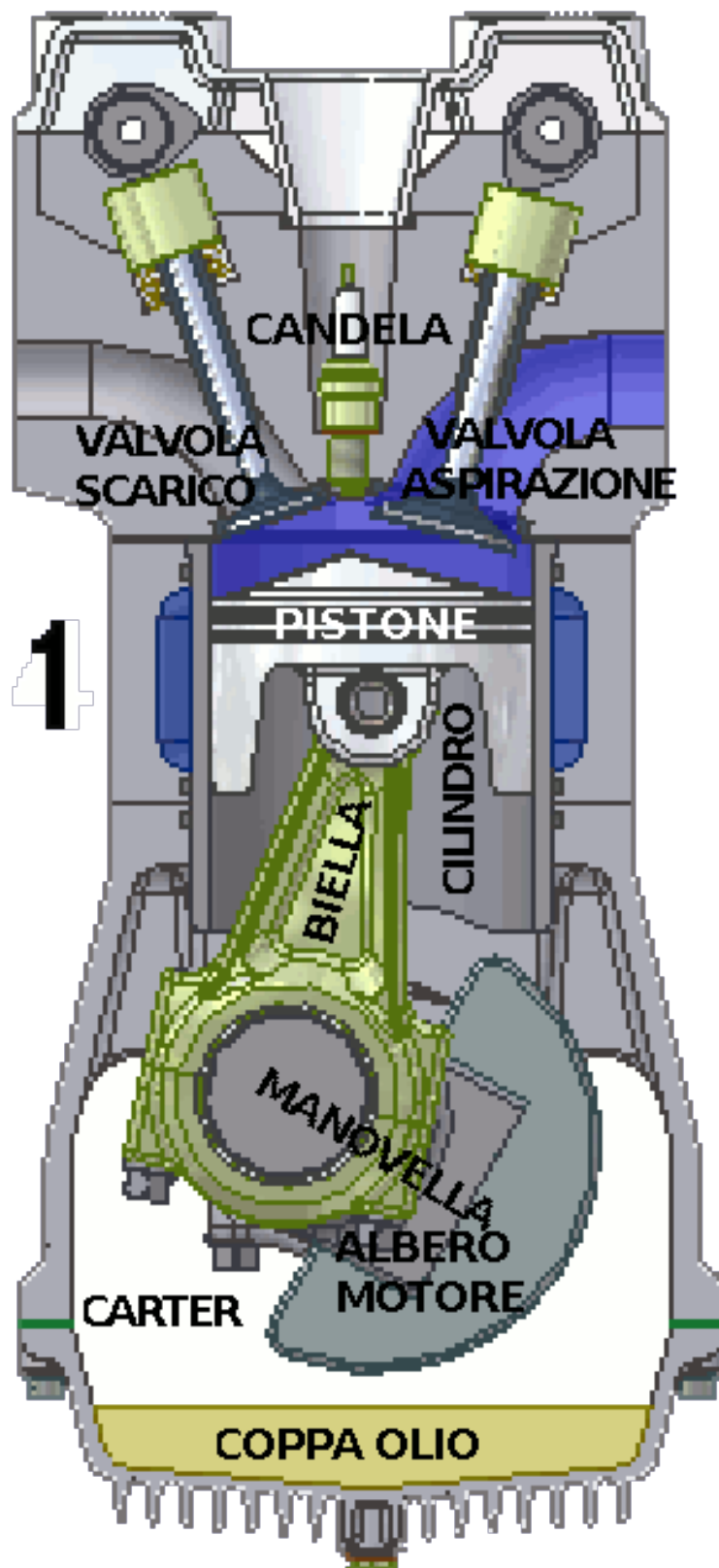
Non è possibile trasformare tutto il **calore** (energia termica) disponibile nella sorgente ad alta temperatura (gas combusti) in **lavoro meccanico** (energia meccanica), ma solo una parte (circa il 45%); la parte restante (circa 55%) rimane calore e viene trasmesso all'ambiente tramite l'impianto di raffreddamento (refrigerante, sorgente di calore a bassa temperatura); questa parte è calore non convertibile in energia meccanica.

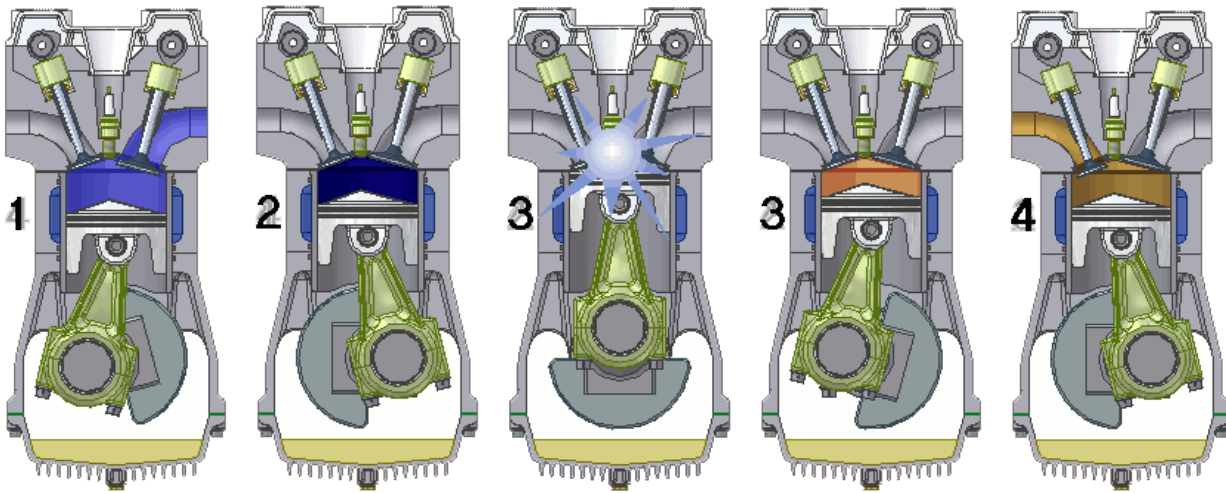
**Tipi di motori a combustione interna:**

- 4 tempi ad accensione comandata (benzina)
- 2 tempi ad accensione comandata (benzina)
- 4 tempi ad accensione spontanea (Diesel, gasolio).

# Motore quattro tempi a benzina

Motore a combustione interna a quattro tempi ad accensione comandata (benzina)





### Fasi di funzionamento del motore 4 tempi:

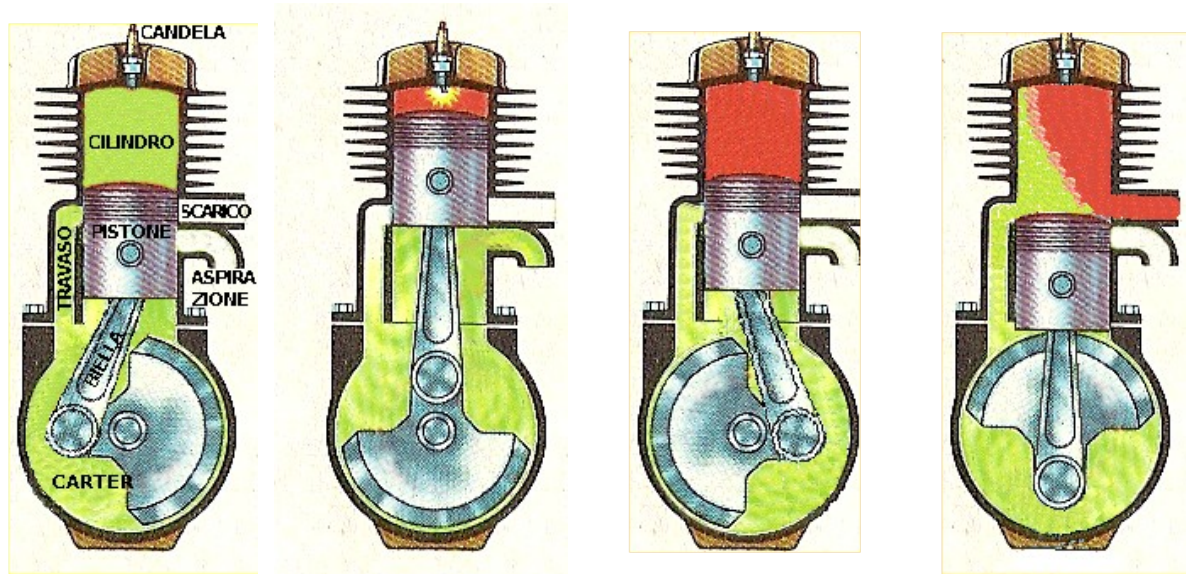
- **Fase 1: aspirazione:** il pistone scende dal p.m.s. (punto morto superiore), la valvola di aspirazione si apre, la miscela aria-benzina (preparata dal carburatore) viene aspirata all'interno del cilindro; la valvola di aspirazione si chiude; il pistone arriva al p.m.i. (punto morto inferiore);
- **Fase 2: compressione:** il pistone sale dal p.m.i. (punto morto inferiore), le valvole sono entrambe chiuse, la miscela aria-benzina viene compressa dal pistone che sale; il pistone arriva al p.m.s. (punto morto superiore);
- **Fase 3: scoppio, espansione:** la candela produce una scintilla che incendia la miscela, grazie al calore prodotto dalla combustione (energia chimica → energia termica) la temperatura e pressione dei gas combusti si alzano notevolmente; i gas caldi e in pressione spingono in basso il pistone espandendosi (il volume che occupano aumenta); il pistone arriva al p.m.i..  
Questa fase è detta "fase utile"; è la più importante perché è la sola durante la quale viene prodotto il lavoro meccanico (= energia meccanica = forza x spostamento = = forza esercitata dai gas sul cielo del pistone x spostamento del pistone dal p.m.s. al p.m.i.); una parte di questa energia meccanica non viene fornita dal motore all'esterno ma viene immagazinata nel volano ed utilizzata per azionare le altre tre fasi di funzionamento.
- **Fase 4: scarico** il pistone sale dal p.m.i. (punto morto inferiore), la valvola di scarico si apre lasciando uscire i gas combusti che vengono spinti fuori dal cilindro verso l'impianto di scarico (marmitta); il pistone arriva al p.m.s. (punto morto superiore), la valvola di scarico si chiude; il cilindro è pronto per iniziare un nuovo ciclo, ricominciando dalla fase di aspirazione.

Nel motore a 4 tempi si ha **una** fase di **espansione** ogni **due giri** dell'albero motore

# Motore due tempi a benzina

Motore a combustione interna a due tempi ad accensione comandata.

**Struttura del motore:** non ha le valvole, che sono sostituite dalle **luci** di aspirazione, scarico e travaso.



## Funzionamento del motore 2T:

- **aspirazione**; il pistone sale dal p.m.i. (punto morto inferiore), la camera del carter va in depressione, si apre la luce di aspirazione (frame 4 e 1 della gif), il carter aspira dal collettore di aspirazione la miscela aria-benzina-olio preparata dal carburatore; il pistone arriva al p.m.s. (punto morto superiore);
- **travaso**: il pistone scende, la luce di travaso si apre, la miscela nel carter viene spinta attraverso il condotto e la luce di travaso nella parte superiore (cilindro);
- **compressione**: il pistone sale verso il p.m.s., le luci si chiudono e la miscela aria-benzina-olio viene compressa;
- **scoppio ed espansione**: la candela produce una scintilla che incendia la miscela, la temperatura e pressione dei gas combusti si alzano notevolmente; i gas caldi e in pressione spingono in basso il pistone espandendosi: questa è la **fase utile**, nella quale viene prodotto il lavoro meccanico, per questo **l'espansione è la fase più importante**;
- **scarico**: verso la fine della corsa discendente si apre la luce di scarico e i gas combusti escono dal cilindro, convogliati verso la marmitta;

Nel motore a 2 tempi si ha **una fase di espansione** ogni **giro** dell'albero motore

Alcune di queste fasi, che abbiamo descritto in sequenza, avvengono contemporaneamente, divise tra parte inferiore (carter) e parte superiore (cilindro), in modo che ci sia **una fase utile (espansione) ogni giro**:

## Fasi di funzionamento del motore 2T:

- **Fase 1 (il pistone sale): compressione, aspirazione**; il pistone sale dal p.m.i. (punto morto inferiore), la camera del carter va in depressione, si apre la luce di aspirazione (frame 4 e 1), il carter aspira dal collettore di aspirazione la miscela aria-benzina-olio, il pistone arriva al p.m.s. (punto morto superiore); contemporaneamente nel cilindro, le luci sono chiuse e la miscela travasata al ciclo precedente viene compressa dal pistone che sale;
- **Fase 2 (il pistone scende): scoppio, espansione, scarico, travaso** (frame 1, 2 e 3), la candela produce una scintilla che incendia la miscela, la temperatura e pressione dei gas combusti si alzano notevolmente; i gas caldi e in pressione spingono in basso il pistone espandendosi, la luce di scarico si apre lasciando uscire i gas combusti, si apre anche la luce di travaso, la miscela contenuta nel carter viene spinta attraverso il condotto di travaso nel cilindro.

Poichè durante la fine della corsa discendente le luci di scarico e travaso per un certo periodo sono aperte contemporaneamente, parte della miscela fresca entrante nel cilindro dal travaso finisce direttamente nello scarico senza venire bruciata; questo fatto è la causa di alcuni degli **svantaggi del motore 2T**:

- **benzina incombusta nello scarico** (→ **inquinamento** e **maggior consumo**: questa è comunque benzina consumata ma che non fornisce lavoro meccanico: la sua energia chimica viene sprecata)

## **Differenze tra motore 2 tempi e 4 tempi**

- il motore a **due tempi**:

- **non ha le valvole**, perciò è più **semplice** ed **economico** da costruire e mantenere;
  - è **più leggero** (a parità di potenza, oppure è **più potente**, a parità di peso: ha una fase utile **ogni giro**);
  - ha la lubrificazione non separata, perciò **brucia olio** (→ **inquina di più**);
  - a parità di potenza **consuma di più** (scarica **benzina incombusta**);
  - a parità di potenza **inquina di più** (scarica benzina incombusta e brucia olio);
  - è preferito per le **motociclette leggere** e piccole macchine portatili:  
(motoseghe, decespugliatori);

- il motore a **quattro tempi**:

- **ha le valvole**, perciò è più **complesso** e **costoso** da **costruire** e **manutenere**;
  - è **più pesante** (a parità di potenza, oppure è meno potente, a parità di peso: ha una fase utile **ogni due giri**);
  - ha la **lubrificazione separata**, perciò **non brucia olio** ma solo benzina;
  - a parità di potenza **consuma di meno**;
  - a parità di potenza **inquina di meno** (non scarica benzina incombusta);
  - è preferito per le **automobili**.

# Motore quattro tempi Diesel

## Motore a combustione interna a quattro tempi ad accensione spontanea (Diesel → gasolio)

**Struttura del motore:** non ha la candela, ma un **iniettore**: è una valvolina a molla alla quale arriva un tubicino che porta il gasolio dalla pompa di iniezione: quando la pompa spinge il gasolio l'iniettore si apre facendo entrare il gasolio polverizzato in tante goccioline all'interno del cilindro.

### Fasi di funzionamento del Diesel: sono come quelle del benzina, ma:

- nella fase 1 (**aspirazione**) nel cilindro entra solo aria (non miscela aria-benzina);
- nella fase 2 (**compressione**) l'aria viene compressa con un rapporto molto maggiore: il volume dell'aria viene ridotto di 20 volte, mentre nel benzina viene ridotto di circa 10 volte: perciò il motore deve essere più robusto e pesante, e vibra di più;
- nella fase 3 (**scoppio ed espansione**) il gasolio iniettato nel cilindro, a contatto con l'aria che durante la compressione è diventata molto calda (circa 800°C), prende fuoco spontaneamente (non c'è scintilla né candela).

### Differenza tra accensione spontanea (Diesel, gasolio) e accensione comandata (benzina)

- il motore **Diesel**:

- brucia **gasolio**, che è un combustibile **meno pregiato** e perciò **meno costoso**;
- **consuma di meno**;
- **non ha la candela**: non aspira una miscela aria benzina ma solo aria; il gasolio viene iniettato nebulizzato nel cilindro dopo la fase di compressione e si incendia spontaneamente;
- è **più pesante** a parità di potenza, meno potente a parità di peso;
- è più **rumoroso** e produce più **vibrazioni** (causa alto r.c., esplosione violenta);
- **inquina di più** (particolato, filtro anti particolato FAP);
- è utilizzato per le auto (con alti chilometraggi) ma soprattutto su **veicoli pesanti**: autobus, camion, macchine per movimento terra.

- il motore a **benzina**:

- brucia benzina, che è un combustibile più pregiato e quindi più costoso del gasolio;
- consuma di più;
- ha la **candela**: questa produce una scintilla che avvia la combustione della miscela aria-benzina;
- è più leggero (a parità di potenza, oppure è più potente, a parità di peso);
- è più silenzioso e produce meno vibrazioni;
- inquina di meno (particolato);
- è utilizzato per le auto ma non è usato su veicoli pesanti.

## Sistemi ausiliari del motore

Oltre alla parte principale, che è quella del **blocco cilindri**, il motore per funzionare ha bisogno di alcuni importanti **sistemi ausiliari**:

- 1 impianto di **accensione**: fornisce corrente elettrica alle **candele**;
- 2 impianto di **alimentazione**: porta il carburante al motore.  
Composto da pompa della benzina + **carburatore** oppure **iniettori**  
(benzina: sonda lambda e sensore filo caldo,  
diesel: common rail, Fiat multijet);
- 3 impianto di **raffreddamento**: estrae dal motore la parte di calore non convertita in energia meccanica. Può essere ad acqua (radiatore) o ad aria;
- 4 impianto di **lubrificazione**: pompa e circuito dell'**olio**;
- 5 impianto **elettrico**: (generatore, batteria, motorino di avviamento);
- 6 impianto di **trattamento fumi di scarico**: serve per ridurre le emissioni inquinanti (marmitta catalitica, in più per i Diesel: FAP filtro anti particolato / DPF Diesel Particulate Filter).

## Sistemi di sovralimentazione

Permettono, a parità di cilindrata (e quindi di peso) di aumentare la **potenza** del motore.

- 1 testata **plurivalvole**;
- 2 **fasatura variabile delle valvole** (Honda V-TEC, Fiat Multiair)
- 3 **turbocompressore**: nato per applicazioni aeronautiche (compensa la diminuzione della pressione atmosferica con la quota), aumenta la potenza a parità di cilindrata (e perciò a parità di peso); perciò oggi molto usato sui Diesel. Svantaggio: ritardo in accelerazione (turbo lag). Gira molto veloce ed è sottoposto a elevate sollecitazioni termiche (temperature molto elevate).