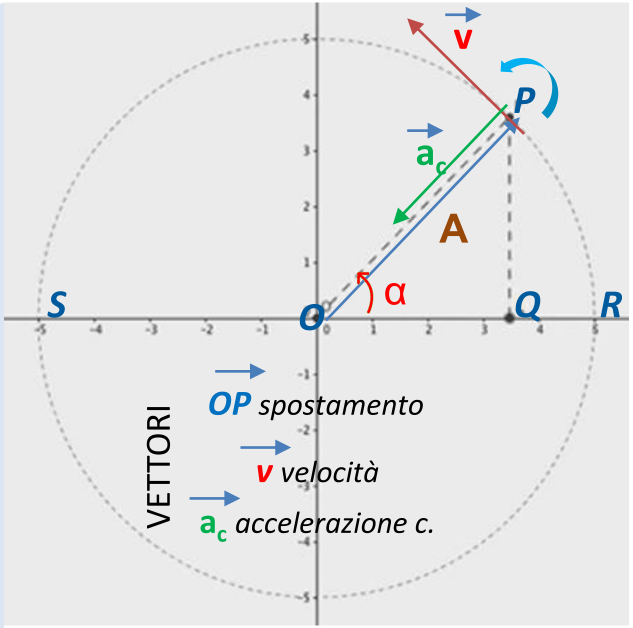
«Si chiama MOTO ARMONICO il movimento che si ottiene proiettando su un diametro le posizioni di un punto materiale che si muove di moto circolare uniforme» *(Amaldi)*




*Moto del punto **P***

# Moto Circolare Uniforme

*raggio* **A**; periodo **T** (s) ; frequenza **f** = **1**/**T** (Hz)

modulo velocità $\mathbf{v} = 2\pi \cdot A / T = \omega \cdot A$, chiamando:

*velocità angolare* $\omega = 2\pi / T$ (rad/s) $\Longleftrightarrow$ $\omega = 2\pi \cdot f$

modulo accelerazione centripeta $a_c = \omega^2 \cdot A$

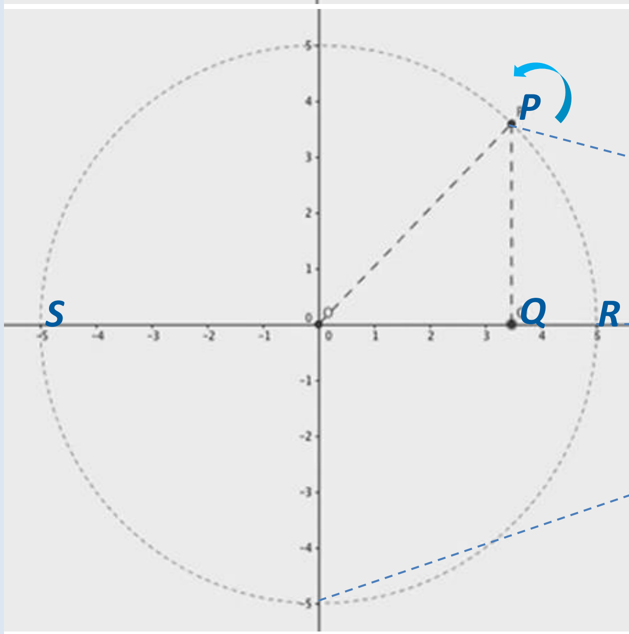
*Moto del punto **Q** (proiezione del moto di **P** su diametro **RS**)*

# Moto Armonico

*ampiezza* **A**; periodo **T** (s); frequenza **f** = **1**/**T** (Hz)

*pulsazione* $\omega = 2\pi / T$ (rad/s) $\Longleftrightarrow$ $\omega = 2\pi \cdot f$

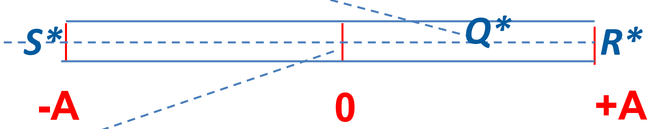
*«… motoriduttore con albero verticale … sulla cui parte superiore è calettato un albero con perno, eccentrico di 3,5 mm (e conseguente corsa totale di 7 mm), sul quale è a sua volta montata una bielletta a due testine snodabili….*




***MECCANISMO BIELLA-MANOVELLA***

**TVB_2016**

**[Manuale tecnico]**




*…Sulla parte superiore della struttura sono posizionate due guide lineari parallele con relative boccole scorrevoli che sostengono il piano il cui movimento oscillatorio è determinato dal fissaggio della biellette allo stesso piano.»*

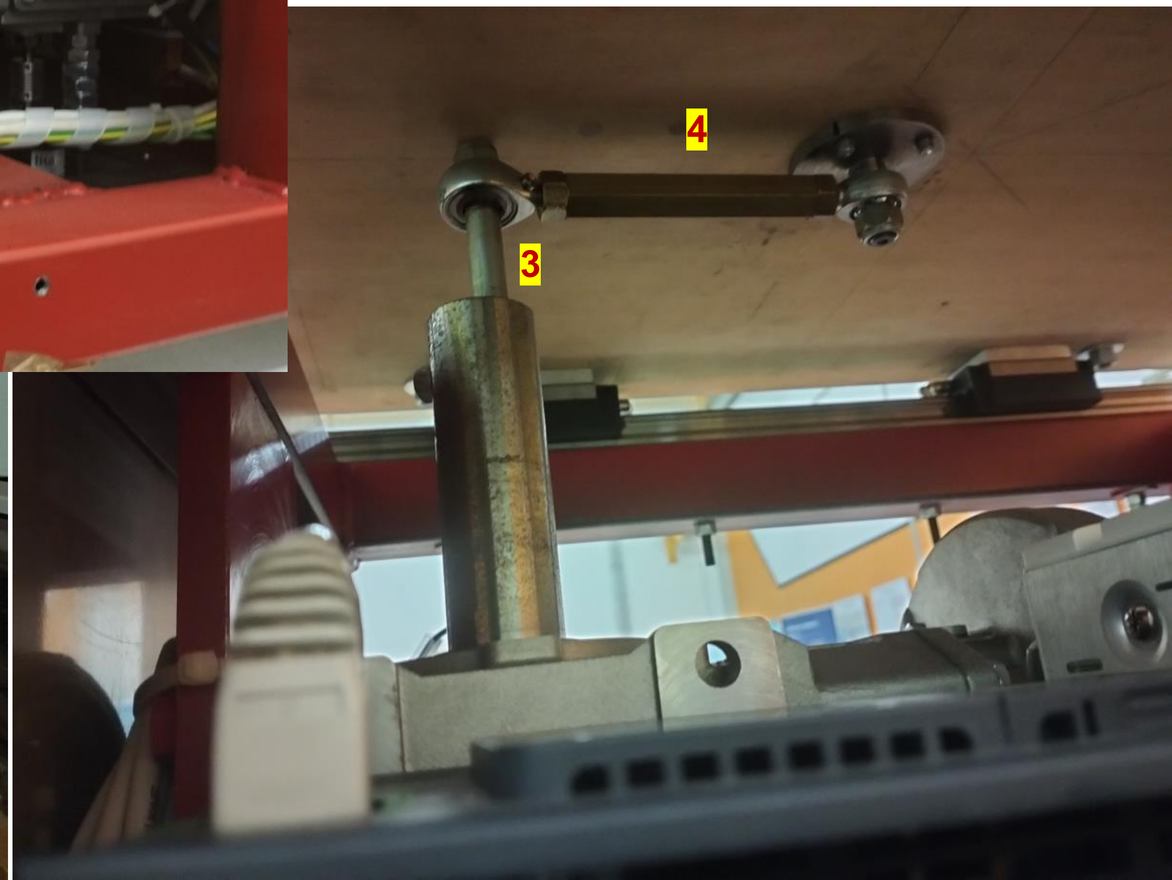

1 motore asincrono trifase

2 motoriduttore con albero verticale

3 albero eccentrico di 3,5 mm

4 bielletta a due testine snodabili

5 due guide parallele con boccole scorrevoli

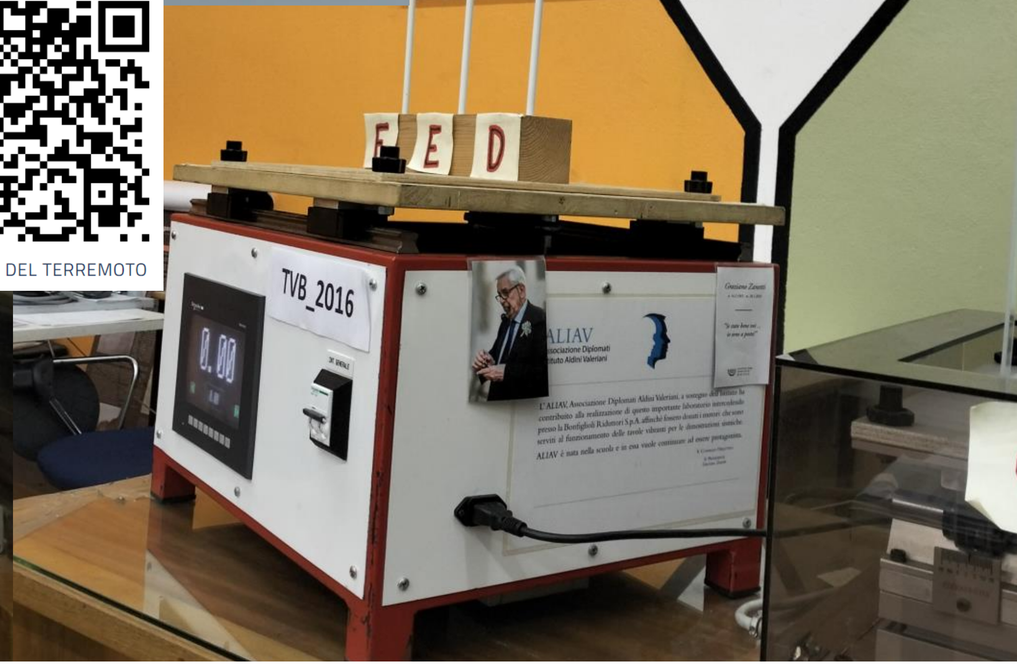



***Relazione*** SULLE **TVB** [**[Download 16](Download 16)**] pp. 13-16

https://share.eon-xr.com/lesson/270/317706

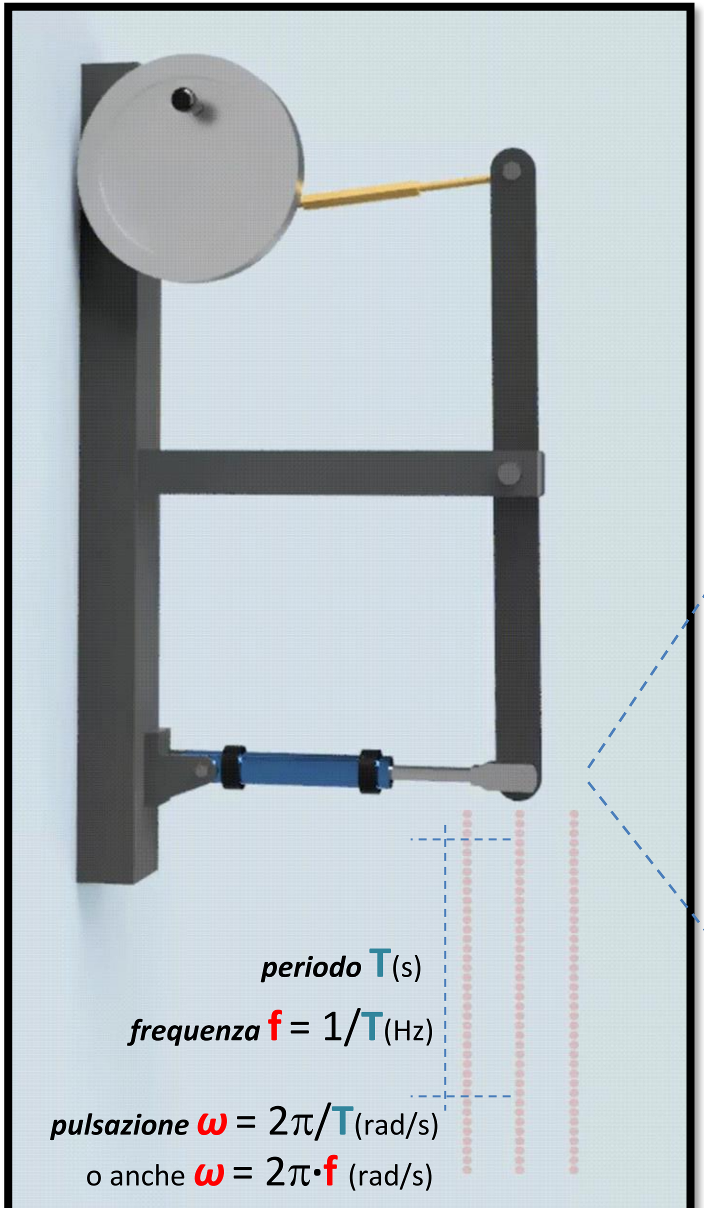
MACCHINA DEL TERREMOTO

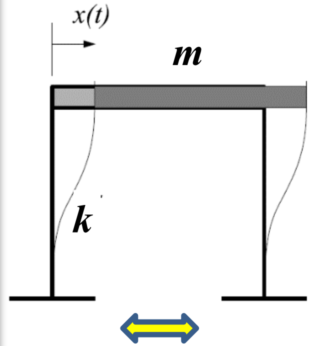
*Realtà aumentata*
Video-lezione 3D
interattiva
(*Andrea Mazzoli* a.s. 2021-22)

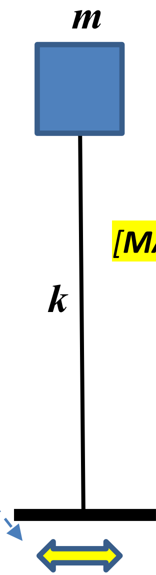



# M. biella-manovella

Per trattazione analitica: vedi (in calce) pp. 184-185-186 del volume di P.Malaguti, A.Zanon ***Principi di meccanica e macchine a fluido*** Cappelli Ed. 2011




https://www.utsbasilicata.it/allegati/RESISM/5_Documento_didattico.pdf

Esiste valore critico $f_1$ (e -quindi- anche valori critici $T_1$ e $\omega_1$): «***risonanza***»

***DOCUMENTO DIDATTICO 2011***

dice … ***Si può dimostrare che:***

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

*[**MA** sono anche possibili dimostrazioni «semplici»:*

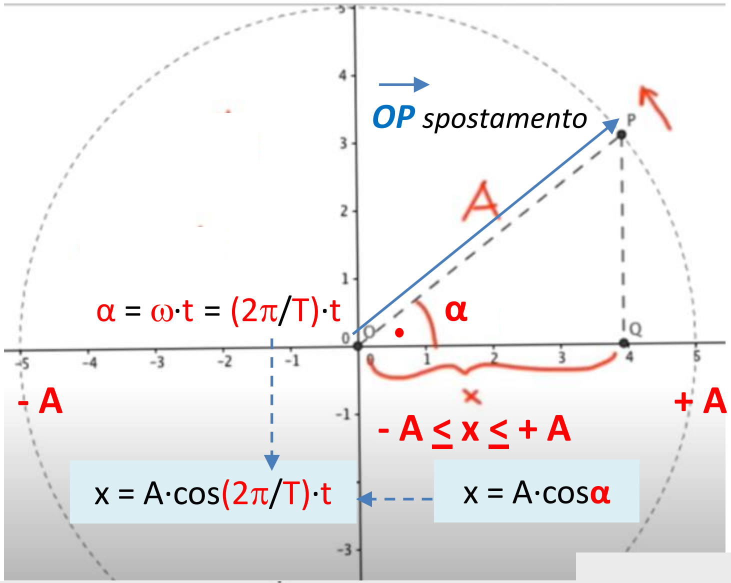
***es. con guida del docente di fisica/matematica***

*Proposta in due slides **a** e **b** + breve video su «FORZA ELASTICA E MOTO ARMONICO»]*

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\boxed{f_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}}$$

«Si chiama MOTO ARMONICO il movimento che si ottiene proiettando su un diametro le posizioni di un punto materiale che si muove di moto circolare uniforme» *(Amaldi)*




**Moto Circolare Uniforme – M.C.U.**

*raggio* **A**; periodo **T** (s) ; frequenza **f** = **1**/**T** (Hz)

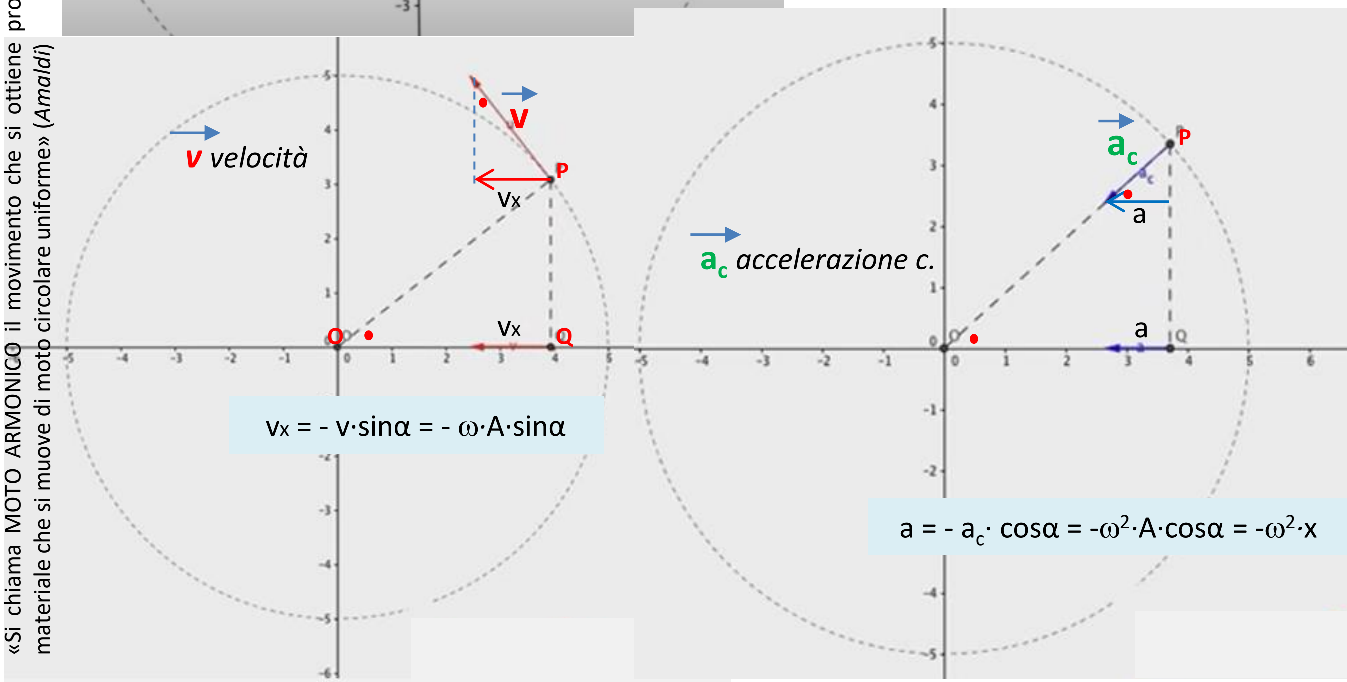
*velocità angolare* $\omega$ = **2π**/**T** (rad/s) ⇔ $\omega$ = **2π·f**

m. velocità **v** = **ω·A**; m. accelerazione centripeta $a_c = \omega^2 \cdot A$

**Moto Armonico – M.A.**

*ampiezza* **A**; periodo **T**; frequenza **f** = **1**/**T**

*pulsazione* $\omega$ = **2π**/**T** = **2π·f**

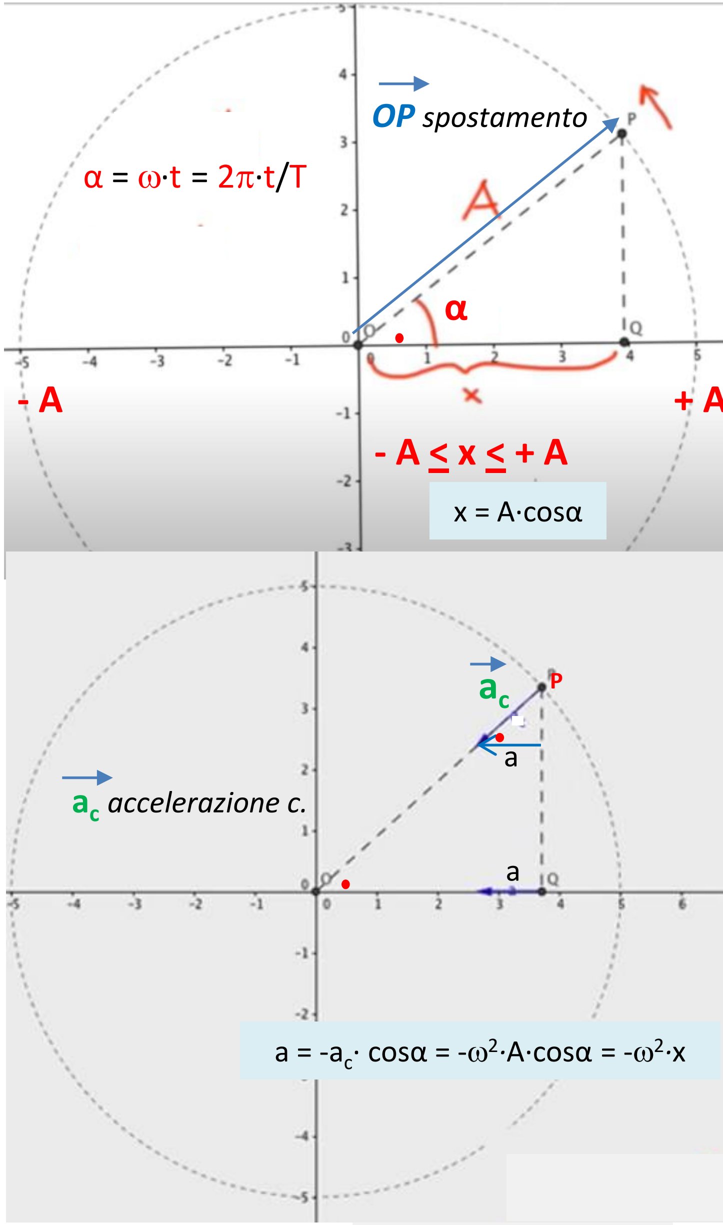



$$a = -\omega^2 \cdot x$$

**Forza Elastica e Moto Armonico**: TEORIA IN BREVE *(Video di Fisica per la Scuola Secondaria)*

https://youtu.be/jDSlqEoddck

«Si chiama MOTO ARMONICO il movimento che si ottiene proiettando su un diametro le posizioni di un punto materiale che si muove di moto circolare uniforme» *(Amaldi)*




$a = -a_c \cdot \cos\alpha = -\omega^2 \cdot A \cdot \cos\alpha = -\omega^2 \cdot x$

**Moto Circolare Uniforme – M.C.U.**

*raggio* **A**; periodo **T** (s) ; frequenza **f** = **1**/**T** (Hz)

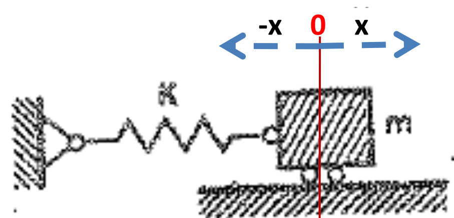
*velocità angolare* **ω** = **2π**/**T** (rad/s) ⟺ **ω** = **2π·f**

m. velocità **v** = **ω·A**; m. accelerazione centripeta $a_c = \omega^2 \cdot A$

**Moto Armonico – M.A.**

*ampiezza* **A**; periodo **T**; frequenza **f** = **1**/**T**

*pulsazione* **ω** = **2π**/**T** = **2π·f**




**Forza elastica** e **moto armonico**

*Legge di* ***Hooke***

Forza elastica **Fe** = **– K·x**

2° principio $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ e **Fx** = **Fe**

e quindi **m·a** = **– K·x**

cioè **a** = **– (K/m)·x**

$a = -\omega^2 \cdot x$

$\omega^2 = k/m$

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$


Il meccanismo biella-manovella è ampiamente utilizzato nelle macchine alternative (motrici e operatrici). Se impiegato in una macchina alternativa motrice quale, ad esempio, un motore a combustione interna, trasforma un moto rettilineo alternativo in un moto circolare; se utilizzato invece in una macchina alternativa operatrice quale, ad esempio, una pompa o un compressore, consente di trasformare un moto circolare in un moto rettilineo alternativo.

Questo meccanismo può essere schematizzato come in Figura 8.7: l'asta $O_1B$ («manovella») può ruotare attorno all'estremità $O_1$; l'asta BP («biella»), incernierata in B alla manovella, è collegata in P a uno stantuffo che, scorrendo all'interno di un cilindro, descrive una traiettoria rettilinea spostandosi lungo la retta $PO_1$ da una posizione estrema (PME = punto morto esterno) nella quale biella e manovella sono allineate ma non sovrapposte, a un'altra (PMI = punto morto interno) nella quale biella e manovella sono allineate e sovrapposte. La distanza che intercorre tra il PME e il PMI, detta «corsa» ($c$) è pari a due volte la lunghezza ($r$) della manovella.

L'estremità P dell'asta PB è detta «piede di biella»: è dotata di moto rettilineo alternativo. L'estremità opposta (B), incernierata alla manovella (e chiamata «testa di biella»), è dotata di moto circolare. Le varie sezioni del fusto della biella descrivono, durante il funzionamento, traiettorie ellittiche tanto più «schiacciate» quanto più la sezione considerata è prossima al piede di biella. Il perno B di articolazione della manovella con la biella è chiamato «bottone di manovella». Esso è dotato di moto circolare: descrive, solidalmente con la testa di biella, una circonferenza di centro $O_1$ e raggio $r$ con una velocità ($v_B$) che vale:

$$v_B = \omega \cdot r \quad \text{[m/s]} \tag{57}$$

Il piede di biella (P) descrive invece una traiettoria rettilinea e ha una velocità media ($v_p$) che vale:

$$v_p = \frac{2 \cdot c}{T} \quad \text{[m/s]} \tag{58}$$

ove: $c$ è la corsa del pistone con cui si articola il piede di biella P ($c$ è misurata in metri);
$T$ è il «periodo», ovvero l'intervallo di tempo impiegato dal manovellismo per realizzare un ciclo completo (cioè una corsa di andata e una di ritorno).
$T$ viene misurato in secondi.

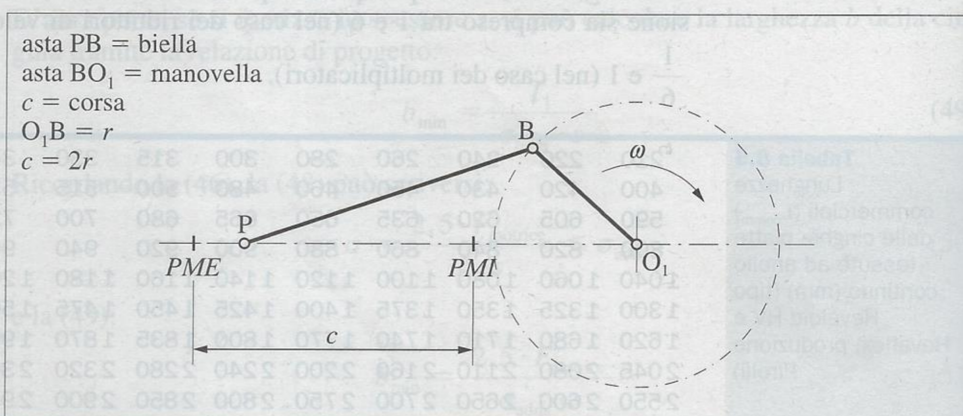



**Figura 8.7**
Il meccanismo biella-manovella (schema).

L'espressione (58) può anche scriversi:

$$v_p = \frac{2 \cdot c \cdot n}{60} \quad [\text{m/s}] \tag{59}$$

ove $n$ è la velocità di rotazione dell'albero che ruota solidalmente con la manovella $O_1B$; $n$ è misurata in rpm (= *revolutions per minute*, cioè giri/min).
Se il manovellismo di Figura 8.7 è utilizzato in un motore alternativo, il momento che fa girare l'albero (tramite la manovella) è dovuto alla spinta esercitata sullo stantuffo dal fluido in pressione contenuto nel cilindro. Detta $A_{\text{pistone}}$ l'area (misurata in $m^2$) della sezione dello stantuffo, tale spinta vale:

$$F = p \cdot A_{\text{pistone}} \quad [\text{N}]$$

ove $p$ è la pressione del fluido [Pa]

La forza $F$ agisce nella direzione $PO_1$, cioè lungo l'asse del cilindro. Se scomponiamo $F$ in due componenti, una avente la direzione della biella e l'altra la direzione perpendicolare alla retta $PO_1$, otteniamo rispettivamente le forze $F'$ e $F''$ (Figura 8.8).
Esse valgono:

$$F' = \frac{F}{\cos\alpha} \tag{60}$$

$$F'' = F \cdot \text{tg}\,\alpha \tag{61}$$

Mentre la componente $F'$ viene trasmessa al bottone di manovella (B), la componente $F''$, diretta perpendicolarmente allo spostamento del piede di biella (P), dà origine a una forza d'attrito ($R$) tra il pistone e la parete del cilindro che vale:

$$R = f \cdot F''$$

Trattandosi di una forza resistente (che, come tale, abbassa il rendimento del manovellismo) si ricorre a vari accorgimenti (ad esempio: adottando manovellismi opportunamente «disassati» – cioè non in asse –) per attenuarla il più possibile.
La forza $F'$, considerata ora applicata in B, può essere scomposta a sua volta in una componente radiale ($F_r$) e una tangenziale ($F_t$). Quest'ultima, tangente in B alla traiettoria circolare del bottone di manovella, determina il momento motore ($M_{\text{motore}}$) agente sull'albero.
Risulta infatti:

$$M_{\text{motore}} = F_t \cdot \overline{BO_1} = F_t \cdot r \tag{62}$$

Per quanto riguarda la componente radiale ($F_r$), essa non ha alcuna influenza sulla rotazione della manovella (infatti agisce lungo l'asse della manovella stessa).

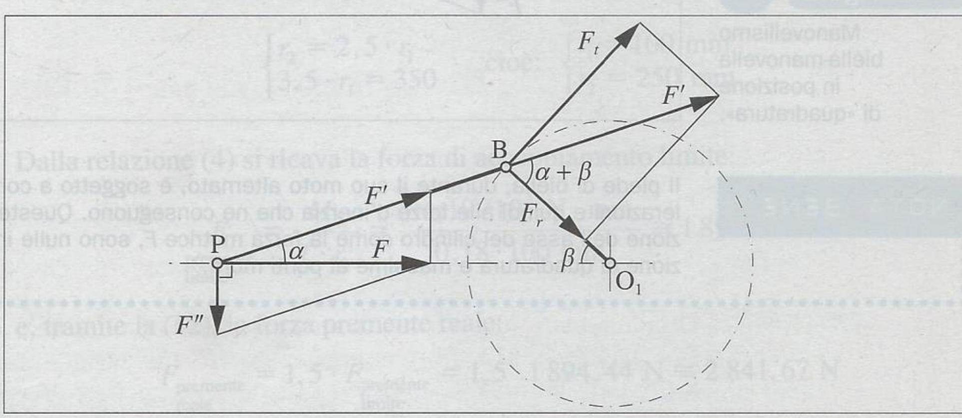



Figura 8.8

Da semplici considerazioni trigonometriche risulta:

$$F_t = F' \cdot \text{sen}(\alpha + \beta) \tag{63}$$

Inserendo la (60) nella (63) si ottiene:

$$F_t = F \cdot \frac{\text{sen}(\alpha + \beta)}{\cos \alpha} \tag{64}$$

Inserendo la (64) nella (62) si ha infine:

$$M_{\text{motore}} = F \cdot r \cdot \frac{\text{sen}(\alpha + \beta)}{\cos \alpha} \tag{65}$$

Il momento motore dunque varia, istante per istante, al variare della configurazione geometrica del manovellismo, cioè al variare di $\alpha$ e $\beta$. In particolare si rileva che:

1. ai punti morti il momento è nullo. Infatti:
– in corrispondenza di PME risulta:
$\alpha = 0; \beta = 0$ e quindi: $\alpha + \beta = 0$;
$\text{sen}(\alpha + \beta) = \text{sen}(0) = 0$; $(\cos\alpha = \cos 0 = 1)$

– in corrispondenza di PMI risulta:
$\alpha = 0; \beta = 180°$ e quindi: $\alpha + \beta = 180°$;
$\text{sen}(\alpha + \beta) = \text{sen}\,180° = 0$; $(\cos\alpha = \cos 180° = -1)$

2) il momento è massimo nella «posizione di quadratura», cioè quando biella e manovella sono tra loro perpendicolari (Figura 8.9) (in questo caso $F'$ coincide con $F_t$). Risulta allora: $(\alpha + \beta) = 90°$; $\text{sen}(\alpha + \beta) = \text{sen}\,90° = 1$ e:

$$M_{\text{motore}} = \frac{F \cdot r}{\cos \alpha} = F' \cdot r \tag{66}$$

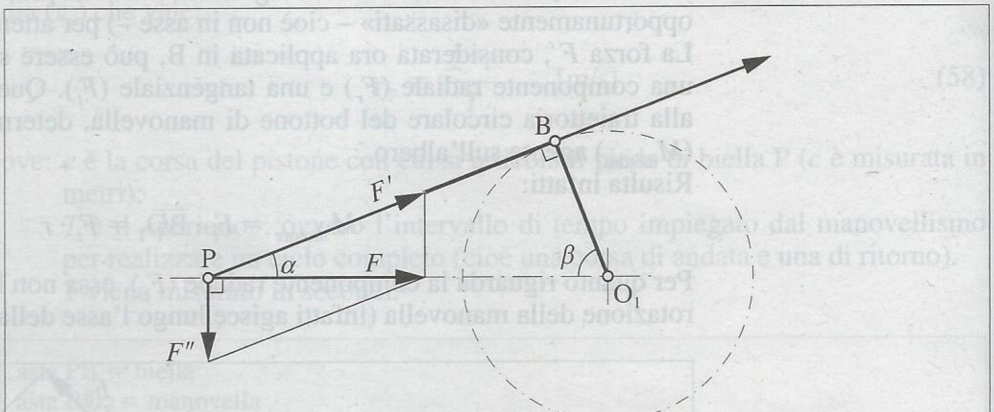



**Figura 8.9**
Manovellismo biella-manovella in posizione di «quadratura».

**NOTA BENE**

Il piede di biella, durante il suo moto alternato, è soggetto a continue accelerazioni e decelerazioni e quindi alle forze d'inerzia che ne conseguono. Queste ultime agiscono nella direzione dell'asse del cilindro come la forza motrice *F*, sono nulle in corrispondenza della posizione di quadratura e massime ai punti morti.