FORMULARIO FISICA TECNICA

TERMODINAMICA:

- Capacità termica:

$$C = \frac{\delta Q}{\delta T} \quad \frac{[J]}{[K]} \quad \frac{[J]}{[°C]}$$

- Capacità termica massica:

$$C = \frac{\delta^2 Q}{(dT \cdot dm)} \quad \frac{[J]}{[K \cdot kg]} \quad \frac{[J]}{[°C \cdot kg]}$$

- Calore:

$$\dot{Q} = \dot{m} c \Delta T \quad [J]$$

- Calore latente di fusione:

$$\dot{Q} = m\lambda$$

- Potenza:

$$P = \frac{Q}{t}$$

- Temperatura di miscela di due liquidi:

$$t_M = \frac{c_1 t_1 m_1 + c_2 t_2 m_2}{c_1 m_1 + c_2 m_2} \quad [°C]$$

- Lavoro termodinamico:

$$W = -\int \vec{F} \cdot \vec{ds} \quad [J]$$

- Per una trasformazione reversibile:

$$W = \int_{\text{stato iniziale}}^{\text{stato finae}} p \cdot dV - R \quad [J]$$

- Per una trasformazione irreversibile:

$$W = \int_{\text{stato iniziale}}^{\text{stato finae}} p \cdot dV - R \quad [J]$$

- **Primo principio della termodinamica:**

$$Q - W = \Delta E$$

$$\delta Q - \delta W = dU = m \cdot du$$

- **Portata volumica:**

$$\dot{V} = \frac{dV}{d\tau} = \frac{dm}{\rho \cdot d\tau} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad \frac{[m^3]}{[s]}$$

$$\dot{m} = \rho \cdot w \cdot A \rightarrow \dot{V} = w \cdot A$$

Dove:
w è la velocità

- **Portata massica:**

$$\dot{m} = \frac{dm}{d\tau} \quad \frac{[kg]}{[s]}$$

- **Consumo energia elettrica**

$$Consumo_{el} = \dot{W} \cdot \tau \cdot costo_{el}$$

- **Entropia:**

$$dS = \frac{\delta Q_{rev}}{T} \quad \left[\frac{J}{K}\right]$$

- **Lavoro massimo estraibile:**

$$\Delta_{S\,Corpo} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{dQ}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{m_0 c_0 dT}{T} = m_0\, c_0 \int_{T_1}^{T_2} \frac{dT}{T} = m_0\, c_0 \log\left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

- **Macchine termiche a ciclo diretto:**

$$W_{netto} = |Q_1| - |Q_2| - \Delta u_{sist} = |Q_1| - |Q_2| - 0$$

$$\Delta S_{TOT} = \Delta S_{sist} + \Delta S_1 + \Delta S_2 = 0 - \frac{|Q_1|}{T_1} + \frac{|Q_2|}{T_2} \geq 0$$

$$W_{netto} = -T_1 \Delta S_{TOT} + |Q_2| \cdot \left(\frac{T_1}{T_2} - 1\right) = -T_2 \Delta S_{TOT} + |Q_1| \cdot \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right)$$

- Macchine termiche a ciclo inverso:

$$\mathrm{W_{netto}} = \mathrm{T_1 \Delta S_{TOT}} + |\mathrm{Q_2}| \cdot \left(\frac{\mathrm{T_1}}{\mathrm{T_2}} - 1\right) = \mathrm{T_2 \Delta S_{TOT}} + |\mathrm{Q_1}| \cdot \left(1 - \frac{\mathrm{T_2}}{\mathrm{T_1}}\right)$$

- Rendimento :

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1}$$

- Macchine termiche a ciclo inverso:

- Effetto frigorifero specifico:

$$\varepsilon = \frac{Q_2}{|W|} = \frac{Q_2}{|Q_1| - Q_2}$$

- Coefficiente di prestazione:

$$\varepsilon^* = \frac{|Q_1|}{|W|} = \frac{|Q_1|}{|Q_1| - Q_2}$$

Macchine di Carnot:

- Rendimento:

$$\eta_{Carnot} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

- Effetto frigorifero specifico:

$$\varepsilon_{Carnot} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

- Coefficiente di prestazione:

$$\varepsilon^*{}_{Carnot} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

PSICROMETRIA:

- **Legge di Gibbs-Dalton:**

$$p = \sum_{i=1}^{n} p_i$$

$$U = \sum_{i=1}^{n} U_i$$

- **Frazione molare:**

$$\chi_i = \frac{n_i}{n} = \frac{p_i}{p}$$

- **Massa molare:**

$$M_M = \frac{m}{n} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} n_i M_i = \sum_{i=1}^{n} \chi_i M_i$$

- **Entalpia specifica dell'aria secca:**

$$h_a = c_{p,a} \cdot t \quad \frac{[kJ]}{[kg_a]}$$

- **Entalpia specifica vapor acqueo:**

$$h_v = r_0 + c_{p,v} \cdot t = 2500 + 1.9 \cdot t$$

- **Pressione totale:**

$$P_a \cdot V = m_a \cdot R_a^* \cdot T$$

$$P \cdot V = m_v \cdot R_v^* \cdot T$$

Con:

$$R_a^* = 287.2 \quad \frac{[J]}{[kg \cdot K]}$$

$$R_v^* = 461.9 \quad \frac{[J]}{[kg \cdot K]}$$

$$P = P_a + P_v$$

- **Umidità relativa della miscela:**

$$\varphi = \frac{m_v}{m_{vs}}$$

$$\varphi = \frac{p_v}{p_{vs}} \rightarrow p_v = p_{vs} \cdot \varphi$$

- **Titolo di aria umida:**

$$x = \frac{m_v}{m_a}$$

- **Umidità specifica:**

$$x = 0.622 \cdot \frac{P_{vs} \cdot \varphi}{P - P_{vs} \cdot \varphi}$$

$$\varphi = \frac{0.622 \cdot \varphi \cdot p_{vs}}{p - \varphi \cdot p_{vs}}$$

- **Portata in massa di vapore:**

$$\dot{m_V} = \rho_V \cdot \dot{V}$$

$$\rho_V = \frac{1}{V_V}$$

$$P_V \cdot V_V = R_V^* \cdot T \rightarrow V_V = \frac{R_V^* \cdot T}{P_V} \rightarrow \ \rho_V = \frac{P_V}{R_V^* \cdot T}$$

- **Portata in massa di aria secca:**

$$\dot{m_a} = \rho_a \cdot \dot{V}$$

$$\rho_a = \frac{1}{V_a}$$

$$P_a \cdot V_a = R_a^* \cdot T \rightarrow V_a = \frac{R_a^* \cdot T}{P_a} \rightarrow \ \rho_a = \frac{P_a}{R_a^* \cdot T}$$

$m_{V_1} = m_a \cdot x_1$

$m_{V_2} = m_{V_1} + \Delta m_V$

$\Delta \dot{m_V} = \dot{m_a}(x_1 - x_2)$

- Entalpia totale dell'aria umida:

$$h_{1+x} = c_{p,a} \cdot t + x \cdot \left(c_{p,v} \cdot t + r_0\right) = \left(c_{p,a} + x \cdot c_{p,v}\right) \cdot t + r_0 \cdot x \qquad \frac{[kJ]}{[kg_a]}$$

$$h_{1+x} = 1.006 \cdot t + x \cdot (1.875 \cdot t + 2501) = (1.006 + 1.875 \cdot x) \cdot t + 2501 \cdot x$$

$$t = \frac{h - 2501 \cdot x}{1.006 + 1.875 \cdot x}$$

$$x = \frac{h - 1.006 \cdot t}{2501 + 1.875 \cdot t}$$

TRASMISSIONE DEL CALORE:

- Flusso termico areico:

$$\varphi = \frac{\phi}{A} \quad \frac{[W]}{[m^2]}$$

$$\frac{\phi}{A} \cdot S = \lambda(t_1 - t_2) \quad \rightarrow \frac{\phi}{A} = \frac{(t_1 - t_2)}{Rtot}$$

- Resistenza termica:

$$R = \frac{\Delta t}{\varphi} = \sum_{j=1}^{n} \frac{s_j}{\lambda_j} + \sum_{k=1}^{m} R_k$$

- Conduttanza termica:

$$\Lambda = \frac{\varphi}{\Delta t} = \frac{1}{R}$$

- Flusso termico trasmesso per convezione:

$$\frac{\dot{Q}}{A} = h_c\left(t_{parete} - t_{aria}\right) \quad \frac{[W]}{[m^2]}$$

- Fattore di trasmissione:

$$\tau = \frac{\phi_{trasmesso}}{\phi_{incidente}}$$

- Fattore di riflessione:

$$\tau = \frac{\phi_{riflesso}}{\phi_{incidente}}$$

- **Fattore di assorbimento:**

$$\tau = \frac{\phi_{assorbito}}{\phi_{incidente}}$$

- **Irraggiamento termico: scambio tra corpi neri**

$$\dot{Q} = A_1 F_{1,2} \sigma (T_1^4 - T_2^4) \ [W]$$

Con:
σ costante di Boltzmann ($5{,}67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K}$)

- **Irraggiamento termico: scambio tra corpi grigi**

$$\dot{Q} = F_\varepsilon \, A_1 F_{2,1} \sigma (T_1^4 - T_2^4) \ \ [W]$$

Con:
F_ε coefficiente di assorbimento, $F_\varepsilon = 1$ se si tratta di due corpi neri
σ costante di Boltzmann ($5{,}67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K}$)

$$\dot{Q} = A \cdot h_r (T_1 - T_2) \ \ [W]$$

- **Coefficiente di scambio termico per irraggiamento:**

$$h_r = F_\varepsilon F_{1,2} \sigma (T_1^2 - T_2^2) \cdot (T_1 + T_2) \qquad \left[\frac{W}{m^2 K}\right]$$

- **Trasmittanza termica:**

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum_{j=1}^{n\_1} \frac{S_j}{\lambda_j} + \sum_{j=1}^{n_2} R_j + \frac{1}{h_e}} \ \left[\frac{W}{m^2 K}\right]$$

$$\frac{\dot{Q}}{A} = U(t_e - t_i) \ \left[\frac{W}{m^2}\right]$$

Dove:
U trasmittanza termica della parete
t_i temperatura interna
t_e temperatura esterna

- **Per il calcolo delle temperature delle pareti interne ed esterne:**

$$\frac{\dot{Q}}{A} = h_i(t_{p,i} - t_i)$$
$$\rightarrow t_{p,i} = t_i + \frac{\dot{Q}}{A} \cdot \frac{1}{h_i}$$

Dove:
h_i coefficiente di scambio termico liminare interno
$t_{p,i}$ temperatura parete interna
t_i temperatura interna

$$\frac{\dot{Q}}{A} = h_e(t_e - t_{p,e})$$
$$\rightarrow t_{p,e} = t_e - \frac{\dot{Q}}{A} \cdot \frac{1}{h_e}$$

Dove:
h_e coefficiente di scambio termico liminare esterno
$t_{p,e}$ temperatura parete esterna
t_e temperatura esterna

- **Calcolo di $\dot{Q}$ a partire dalla conduttanza:**

$$\dot{Q} = A \cdot \Lambda(t_{p,e} - t_{p,i}) \ [W]$$

- **Temperatura sole-aria:**

$$t_{sa} = t_e + \frac{I\alpha}{h_e}$$

Dove:
I è l'irradianza solare
α coefficiente di assorbimento solare $\rightarrow \alpha = \frac{\phi_a}{\phi_I}$
h_e coefficiente di scambio termico liminare esterno

- **Flusso termico in presenza di radiazione solare:**

$$\frac{\dot{Q}}{A} = h_e(t_{sa} - t_{p,e})$$
$$\rightarrow t_{p,e} = t_{sa} - \frac{\dot{Q}}{A} \cdot \frac{1}{h_e}$$

$$\frac{\dot{Q}}{A} = U(t_{sa} - t_i)$$

- **Coefficiente di assorbimento α:**

$$\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi_i}$$

Dove:

Φ_a è il flusso assorbito

Φ_i è il flusso incidente

- **Permeanza :**

$$M = \frac{1}{\frac{1}{\beta_i} + \sum_{j=1}^{n} \frac{S_j}{\delta_j} + \frac{1}{\beta_e}} \quad \left[\frac{kg}{m^2 sPa}\right]$$

Consideriamo i coefficienti β_i e β_e pari a ∞, possiamo riscrivere dunque:

$$M = \frac{1}{R_v} = \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} \frac{S_j}{\delta_j}} \quad \left[\frac{kg}{m^2 sPa}\right]$$

- **Verifica termoigrometrica: Condensazione superficiale:**

$$t_{pi} > t_R$$

Dove:

$t_{pi} = t_i - \frac{U}{h_i}(t_i - t_e)$

t_R (temperatura di rugiada) ricavabile dal diagramma di Mollier.

- **Determinazione della trasmittanza termica unitaria massima ammissibile:**

$$t_{pi,max} = t_R = t_i - \frac{U_{max}}{h_i} \cdot (t_i - t_e)$$

$$U_{max} = \frac{t_i - t_R}{t_i - t_e} \cdot h_i \qquad \left[\frac{W}{m^2 K}\right]$$

$$R_a = \frac{1}{U_{max}} - \frac{1}{U} \qquad \left[\frac{m^2 K}{W}\right]$$

$$R_a = \frac{s_{is}}{\lambda_{is}} \rightarrow s_{is} = R_a \cdot \lambda_{is}$$

- **Verifica termoigrometrica: Condensazione interstiziale:**

$$p_v < p_{vs}$$

- **Portata di vapore:**

$$G = M \cdot A \cdot (p_{v,i} - p_{v,e}) = \frac{1}{R_v} \cdot A \cdot (p_{v,i} - p_{v,e}) \qquad \left[\frac{kg}{s}\right]$$

- **Profilo della pressione di vapore:**

$$p_{v,k} = p_{v,i} - M \cdot (p_{v,i} - p_{v,e}) \cdot \sum_{j=1}^{k} R_{v,j} \quad [Pa]$$

- **Profilo della pressione di saturazione:**

$$t_k = t_i - U \cdot (t_i - t_e) \cdot \left(\frac{1}{h_i} + \sum_{j=1}^{k} R_j\right)$$

- **Calcolo quantità di acqua condensata o evaporata:**

$$\dot{m\_cond} = \left(\frac{p_{v,i} - p_v^*}{R_v^*} - \frac{p_v^* - p_{v,e}}{R_{v,t} - R_v^*}\right)$$

$$\dot{m}_{evap} = \left(\frac{p_{v,s}^* - p_{v,i}}{R_v^*} - \frac{p_{v,s}^* - p_{v,e}}{R_{v,t} - R_v^*}\right) \cdot$$

Dove:

p_v^* e R_v^* sono le coordinate del punto in cui i profili della pressione di vapore e della pressione di saturazione sono tangenti

- **Calcolo quantità di acqua condensata o evaporata nel tempo:**

$$m_{cond} = \left(\frac{p_{v,i} - p_v^*}{R_v^*} - \frac{p_v^* - p_{v,e}}{R_{v,t} - R_v^*}\right) \cdot 3600 \cdot 20 \cdot d_{cond}$$

d_{cond} numero di giorni del periodo di condensazione

$$m_{evap} = \left(\frac{p_{v,s}^* - p_{v,i}}{R_v^*} - \frac{p_{v,s}^* - p_{v,e}}{R_{v,t} - R_v^*}\right) \cdot 3600 \cdot 20 \cdot d_{evap}$$

d_{evap} numero di giorni del periodo di evaporazione

- **Massa frontale:**

$$MF = \sum_{j=1}^{N} \rho_j s_j$$

- **Capacità termica frontale:**

$$CF = \sum_{j=1}^{N} c_j \rho_j s_j$$

- **Coefficiente di trasmissione solare:**

$$\tau_s = \frac{\phi_{s,t}}{\phi_{s,i}} \quad [\%]$$

- **Coefficiente di riflessione solare:**

$$\rho_s = \frac{\phi_{s,r}}{\phi_{s,i}} \quad [\%]$$

- **Coefficiente di assorbimento solare:**

$$\rho_s = \frac{\phi_{s,a}}{\phi_{s,i}} \quad [\%]$$

- **Relazione che lega trasmissione, riflessione e assorbimento:**

$$\tau_s + \rho_s + \alpha_s = 1$$

- **Coefficiente di trasmissione solare totale (TSET, g, FS):**

$$g = \tau_e + q_i \quad = \tau_s + N_i \cdot \alpha_s$$

- **Flusso solare totale trasmesso attraverso la superficie vetrata:**

$$\phi_s = g \cdot I \cdot A \quad [W]$$

Dove:

g coefficiente di trasmissione solare
I intensità della radiazione solare incidente

- **Flusso termico trasmesso per differenza di temperatura:**

$$\dot{Q_{\Delta t}} = U \cdot A \cdot (t_e - t_i) \quad [W]$$

$$\dot{Q_{\Delta t}} = \frac{A \cdot (t_e - t_i)}{R_V} \quad [W]$$

- **Shading coefficient:**

$$SC = \frac{g}{g_{rif}}$$

Dove:

g fattore solare del vetro

g_{rif} fattore solare di un vetro di riferimento (0.87)

- **Flusso solare trasmesso per irraggiamento a bassa lunghezza d'onda:**

$$\phi_t = \tau_s \cdot I \cdot A \quad [W]$$

ILLUMINOTECNICA:

- **Intensità energetica:**

$$I_e = \frac{d\Phi_e}{d\omega} \left[\frac{W}{sr}\right]$$

- **Angolo solido:**

$$\omega = \frac{A}{R^2} \; [sr]$$

- **Flusso di energia radiante emesso da una sorgente:**

$$\phi_e = \int_0^{\infty} \phi_{e,\lambda} \; d\lambda \quad [W]$$

- **Flusso luminoso emesso da una sorgente luminosa:**

$$\phi = \int_{\lambda min}^{\lambda max} \phi_{e,\lambda} \, K(\lambda) \, d\lambda = K_{max} \int_{\lambda min}^{\lambda max} \phi_{e,\lambda} \; V(\lambda) \; d\lambda = \; K_{max} \cdot \sum_{i=1}^{n} \phi_{e,\lambda} \cdot V\lambda_i \cdot \Delta\lambda_i$$
$$= \; K_{max} \cdot \phi_{e,\lambda} \cdot V\lambda_i \sum_{i=1}^{n} \Delta\lambda_i \quad [lm]$$

- **Interazione luce-superficie:**
    - **Fattore di assorbimento:**

$$\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi_i}$$

    - **Fattore di riflessione:**

$$\rho = \frac{\Phi_r}{\Phi_i}$$

    - **Fattore di riflessione:**

$$\tau = \frac{\Phi_t}{\Phi_i}$$

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

- **Intensità luminosa:**

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} = \frac{\Phi}{\omega}\ [cd]$$

- **Luminanza di una superficie infinitesima in una data direzione, L:**

$$L = \frac{dI}{dA \cdot \cos(\alpha)} = \frac{d^2\phi}{dA \cdot \cos(\alpha) \cdot d\omega} \quad \left[\frac{cd}{m^2}\right] \quad [nit]$$

- **Illuminamento su una superficie di area infinitesima, E:**

$$E = \frac{d\phi}{dA} \quad [lx]$$

- **Emettenza luminosa di una superficie di area infinitesima, M:**

$$M = \frac{d\phi}{d\omega} \quad \left[\frac{lm}{m^2}\right]$$

- **Illuminamento puntuale prodotto da una sorgente puntiforme, E:**

$$E = \frac{I \cdot cosj}{d^2} \quad [lx]$$

- **Illuminamento puntuale prodotto da una sorgente puntiforme su un piano orizzontale, E:**

$$E = \frac{Icos^3(\varepsilon)}{h^2} = \frac{I \cdot \cos^3 j}{h^2} \quad [lx]$$

- **Flusso luminoso riflesso da una superficie illuminata ϕ_r:**

$$\phi_r = \rho \cdot \phi_{incidente} \quad [lm]$$

Dove:
ρ fattore di riflessione luminosa della superficie

- **Flusso luminoso riflesso da una superficie illuminata ϕ_t:**

$$\phi_t = \tau \cdot \phi_{incidente} \quad [lm]$$

Dove:
τ fattore di trasmissione luminosa della superficie

- **Emettenza luminosa relativa alla riflessione di una superficie illuminata, M:**

$$M = \rho \cdot E \quad \left[\frac{lm}{m^2}\right]$$

- **Emettenza luminosa relativa alla trasmissione di una superficie trasparente illuminata, M:**

$$M = \tau \cdot E \quad \left[\frac{lm}{m^2}\right]$$

- **Luminanza di una superficie diffondente, L:**

$$L = \frac{M}{\pi} \quad \left[\frac{cd}{m^2}\right]$$

- **Fattore di utilizzazione:**

$$U = \frac{\phi_{utile}}{\phi_{emesso}} = \frac{E_m \cdot A}{\phi_t \cdot M}$$

Dove:
ϕ_t flusso luminoso emesso dalle sorgenti appena installate
M fattore di manutenzione
E_m illuminamento medio di esercizio sul piano di lavoro
A area del piano di lavoro

- **Numero lampade:**

$$n_{lamp} = \frac{\phi_{tot}}{\phi_{lamp}} = \frac{E_m \cdot A}{U \cdot M \cdot W \cdot \eta}$$

Dove:
M fattore di manutenzione
E_m illuminamento medio di esercizio sul piano di lavoro
A area del piano di lavoro
W potenza
η efficienza luminosa

- **Efficienza luminosa di una lampada:**

$$\eta = \frac{\phi}{W} \quad \left[\frac{lm}{W}\right]$$

Dove:
W potenza elettrica assorbita
ϕ flusso luminoso emesso

- **Energia elettrica impianto:**

$$EN_{el} = W \cdot n_{lamp} \cdot \tau$$

- **Indice del locale (illuminazione diretta):**

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a+b)}$$

Dove:

h è l'altezza di sospensione degli apparecchi rispetto al piano utile

- **Indice del locale (illuminazione indiretta):**

$$i = \frac{a \cdot b}{h' \cdot (a+b)}$$

Dove:

h' è la distanza soffitto- piano utile

ACUSTICA:

- **Livello di pressione sonora:**

$$L_p = 10 \operatorname{Log} \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \operatorname{Log} \frac{p}{p_0} \qquad [dB]$$

Con:

p pressione sonora, [Pa];

$p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa

$$p = p_0 \cdot 10^{\frac{L_{p,tot}}{20}}$$

- **Livello d'intensità sonora:**

$$L_I = 10 \operatorname{Log} \frac{I}{I_0} \qquad [dB]$$

$$I = I_0 \cdot 10^{\frac{L_I}{10}}$$

Con:

I intensità sonora, $[\frac{W}{m^2}]$;

$I_0 = 10^{-12}$ $[\frac{W}{m^2}]$

- **Livello di pressione sonora:**

$$L_W = 10\,\mathrm{Log}\frac{W}{W_0} \qquad [dB]$$

$$W = W_0 \cdot 10^{\frac{L_W}{10}}$$

Con:

W intensità sonora, [W];

$W_0 = 10^{-12}\ [W]$

- **Somma di livelli di pressione sonora, livello sonoro globale di pressione sonora:**

$$L_{p,tot} = 10\,\mathrm{Log}\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} p_i^2}{p_0^2}\right) = 10\,\mathrm{Log}\left(\sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{L_{p,i}}{10}}\right) \ [dB]$$

Con :

p_i pressione sonora nella i-esima banda di frequenze [Pa];

$L_{p,i}$ livello di pressione sonora nella i-esima banda di frequenza [dB]

- **Livello sonoro globale di pressione sonora ponderata A:**

$$L_{p(A),tot} = 10\,\mathrm{Log}\left(\sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{L_{p(A),i}}{10}}\right) \qquad dB(A)$$

Con:

$L_{p(A),i}$ livello di pressione sonora ponderata A nella i-esima banda di frequenze, dB(A)

- **Somma di livelli di intensità sonora, livello sonoro globale di intensità sonora:**

$$L_{I,tot} = 10\,\mathrm{Log}\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} I}{I_0}\right) = 10\,\mathrm{Log}\left(\sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{L_{i,j}}{10}}\right) \ [dB]$$

Dove:

I_i intensità sonora nella i-esima banda di frequenze $\left[\frac{W}{m^2}\right]$;

$L_{I,i}$ livello di intensità sonora nella i-esima banda di frequenze [dB]

- **Somma di livelli di potenza sonora, livello sonoro globale di potenza sonora:**

$$L_{W,tot} = 10\,\mathrm{Log}\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} W_i}{W_0}\right) = 10\,\mathrm{Log}\left(\sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{L_{w,j}}{10}}\right) \ [dB]$$

Dove:

W_i potenza sonora nella i-esima banda di frequenze $[W]$;

$L_{W,i}$ livello di potenza sonora nella i-esima banda di frequenze [dB]

- **Livello continuo equivalente:**

$$L_{eq} = 10\,\text{Log}\left[\frac{1}{T}\int_0^T \frac{p^2(t)}{p_{ref}^2}\,dt\right] = 10\,\text{Log}\frac{1}{T}\,(\sum_{j=1}^{n} 10^{\frac{L_j}{10}}\delta t_j)$$

- **Intensità sonora in campo libero:**

$$I = \frac{W}{4\pi d^2} \qquad \left[\frac{W}{m^2}\right]$$

Dove:

W potenza sonora della sorgente, [W];

d distanza dalla sorgente, [m];

- N.B.

$$L_I \cong L_P \text{ in campo libero}$$

- **Livello di pressione sonora in campo libero (o diretto):**

$$L_p = L_W + 10\,\text{Log}\frac{Q_\theta}{4\pi d^2} \qquad [dB]$$

Dove:

L_W livello di potenza sonora [dB];

d distanza dalla sorgente [m];

Q_θ fattore di direttività

- **Assorbimento acustico totale o area di assorbimento acustico equivalente, A_{tot}:**

$$A_{tot} = \sum_{i=1}^{k} a_i \cdot S_i + \sum_{j=1}^{g} n_j \cdot A_j \qquad [m^2]$$

Dove:

a_i coefficiente di assorbimento acustico dell'i-esima superficie

S_i area dell'i-esima superficie [m^2]

k numero di superfici

n_j numero di unità assorbenti del j-esimo tipo

A_j assorbimento equivalente di una unità assorbente del j-esimo tipo [m^2]

g numero di tipi di unità assorbenti

- **Assorbimento acustico medio a_m:**

$$a_m = \frac{A_{tot}}{\sum S_i}$$

Dove:

A_{tot} assorbimento acustico totale [m^2]

$\sum S_i$ somma delle aree delle i-esime superfici dell'ambiente [m^2]

- **Costante acustica dell'ambiente, R:**

$$R = \frac{A_{tot}}{1 - a_m} \quad [m^2]$$

Dove:

A_{tot} assorbimento acustico totale [m^2]

a_m assorbimento acustico medio

- **Livello di pressione sonora in campo riverberato:**

$$L_p = L_w - 10LogR + 6 \qquad [dB]$$

- **Per piccoli valori di coefficiente di assorbimento medio $R \rightarrow A_{tot}$, e la relazione può essere ridotta a:**

$$L_p = L_w - 10LogA_{tot} + 6 \qquad [dB]$$

Dove:

L_w livello di potenza sonora [dB];

R costante acustica dell'ambiente [m^2]

A_{tot} assorbimento acustico totale [m^2]

- **Tempo di riverberazione calcolato con la formula di Sabine, T_{60}:**

$$T_{60} = 0.16\frac{V}{A_{tot}} \qquad [s]$$

Dove:

V volume dell'ambiente [m^3]

A_{tot} assorbimento acustico totale [m^2]

- **Tempo di riverberazione ottimale a 1000 Hz:**

$$T_{60,Ott\ 1000Hz} = k\sqrt[9]{V} \quad [s]$$

Dove:

k $0.3 \div 0.4$ per il parlato e $0.5 \div 0.8$ per la musica

V volume dell'ambiente [m^3]

- **Livello di pressione sonora in campo semiriverberato:**

$$L_p = L_W + 10\,\mathrm{Log}\left(\frac{Q_\theta}{4\pi d^2} + \frac{4}{R}\right) \quad [dB]$$

Dove:

L_W livello di potenza sonora [dB]

R costante acustica dell'ambiente [m^2]

d distanza dalla sorgente [m]

Q_θ fattore di direttività

- **Distanza critica d_c:**

$$d_c = \sqrt{\frac{Q_\theta \cdot R}{16 \cdot \pi}} \quad [m]$$

Dove:

R costante acustica dell'ambiente [m^2]

Q_θ fattore di direttività

- **Potere fonoisolante, $\mathfrak{R}$:**

$$\mathfrak{R} = 10\,\mathrm{Log}\left(\frac{W_i}{W_t}\right) = 10\,\mathrm{Log}\frac{1}{t}$$

Dove:

t coefficiente di trasmissione sonora

- **Potere fonoisolante, $\mathfrak{R}_m$:**

$$\mathfrak{R}_m = 10\,\mathrm{Log}\frac{1}{t_m}$$

$$t_m = 10^{\left(-\frac{R}{10}\right)}$$

Dove:

t_m coefficiente di trasmissione sonora

- **Coefficiente di trasmissione sonora medio, t_m:**

$$t_m = \frac{\sum t_i S_i}{\sum S_i}$$

Dove:

t_i coefficiente di trasmissione sonora dell'elemento i-esimo
S_i area della superficie i-esima [m^2]

- **Potere fonoisolante per una parete piana, omogena e isotropa, per incidenza mediamente diffusa (legge della massa per incidenza mediamente diffusa o incidenza "in campo"):**

$$\Re \cong 20\,\mathrm{Log}(fm) - 48 \quad [dB]$$

Dove :
f frequenza Hz
m massa per unità di superficie della parete [$\frac{kg}{m^2}$]

$$m = \frac{10^{\left(\frac{\Re+48}{20}\right)}}{\nu}$$

- **Isolamento acustico tra due ambienti, D:**

$$D = L_{p,1} - L_{p,2} \qquad [dB]$$

Dove:
$L_{p,1}$ livello di pressione sonora nell'ambiente disturbante [dB]
$L_{p,2}$ livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente [dB]

- **Relazione fra potere fonoisolante isolamento acustico fra due ambienti in caso di trasmissione diretta attraverso la parete di separazione, trascurando gli effetti di trasmissione per via indiretta (pareti laterali, soffitto, pavimento):**

$$\Re = L_{p,1} - L_{p,2} + 10\,\mathrm{Log}\frac{S}{A_{tot,2}} \quad [dB]$$

Dove:
$L_{p,1}$ livello di pressione sonora nell'ambiente disturbante [dB]
$L_{p,2}$ livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente [dB]
S area della parete vera e propria di separazione [m^2], non escludendo eventuali accessori

$A_{tot,2}$ Assorbimento acustico totale nell'ambiente ricevente [m^2]

- **Campi sonori:**

Campo libero o diretto	$I = \frac{QW}{4\pi r^2}$	$I = \frac{p^2}{\rho c}$	$L_P \cong L_I = L_W + ID - 11 - 20 \,\mathrm{Log}\, r$
Campo riverberato	$I = \frac{W}{A_{tot}}$	$I = \frac{p^2}{4\rho c}$	$L_I = L_W - 10 \,\mathrm{Log}\, A_{tot}$ $L_P = L_W - 10 \,\mathrm{Log}\, A_{tot} + 6$
Campo semi-riverberato	$I_{DIR} = \frac{QW}{4\pi r^2}$ $I_{RIV} = \frac{W}{R}$	$I_{DIR} = \frac{p_{DIR}^2}{\rho c}$ $I_{RIV} = \frac{p_{RIV}^2}{4\rho c}$	$L_P = L_W + 10 \,\mathrm{Log}\left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R}\right)$ R: costante acustica dell'ambiente