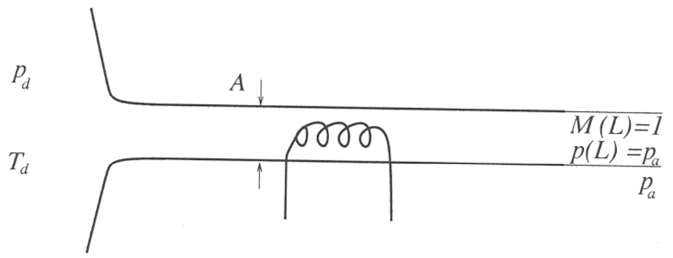
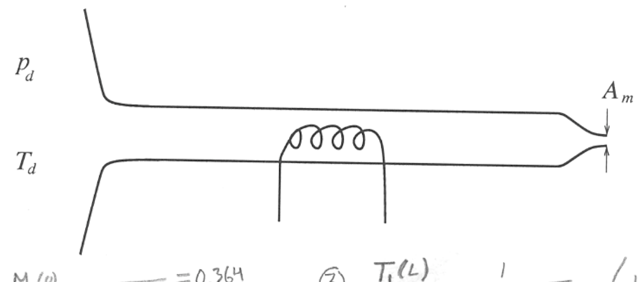
P2) El depósito de aire de presión p_d y temperatura T_d de la figura adjunta descarga a través de un conducto de área transversal A a la atmósfera, donde la presión es $p_a = p_d/2.2$. Se sabe que el movimiento en el conducto es sin efecto apreciable de la fricción. A través de una resistencia eléctrica se comunica calor al fluido. Se pide:

1. Obtener la cantidad de calor por unidad de masa de gas Q_1 que habría que aportar al fluido para que el conducto se encuentre bloqueado con presión a la salida $p_1(L) = p_a$. Expresar el resultado en la forma Q_1/h_d, donde h_d es el valor de la entalpía en el depósito.
2. Determinar el número de Mach en la entrada del conducto $M_1(0)$ y el gasto que circula por el conducto, expresando este último resultado en la forma $G_1/(\rho_d a_d A)$, donde $\rho_d = p_d/(R_g T_d)$ y $a_d = \sqrt{\gamma R_g T_d}$.
3. Calcular la temperatura a la salida del conducto, expresando el resultado en la forma $T_1(L)/T_d$.

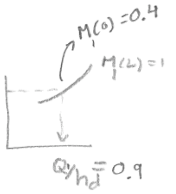
El flujo de calor que libera la resistencia resulta ser GQ (calor por unidad de tiempo). Manteniendo constante este valor, se instala una boquilla de área mínima $A_m = 0.6289A$ en la salida del conducto. Se pide:

4. Obtener y resolver la ecuación que determina de forma implícita el nuevo valor del número de Mach en la entrada del conducto $M_2(0)$.
5. Calcular los nuevos valores del gasto $G_2/(\rho_d a_d A)$ y de la temperatura a la salida del conducto $T_2(L)/T_d$ y a la salida de la boquilla T_s/T_d.
6. Determinar el valor de la presión en la salida de la boquilla p_s/p_a.





① ②



$$\frac{G_1}{\rho_d a_d A} = \frac{M_1(0)}{\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M_1^2(0)\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}} = 0.364$$

③ $$\frac{T_1(L)}{T_d} = \frac{1}{1+\frac{\gamma-1}{2}M_1^2(L)}\left(1+\frac{Q_1}{h_d}\right) = 1.58$$

④ $A_m = A^*$ $\quad \frac{A^*}{A} = 0.6289 \rightarrow M_2(L) = 0.40$, $\quad F(M_2(L)) = 0.33$

$$\frac{G_1}{\rho_d a_d A}\frac{Q_1}{h_d} = \frac{G_2}{\rho_d a_d A}\frac{Q_2}{h_d} = \frac{M_2(0)}{\left[1+\frac{\gamma-1}{2}M_2^2(0)\right]^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}}\left\{\left[\frac{F(M_2(L))}{\frac{M_2(0)}{1+\gamma M_2^2(0)}\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M_2^2(0)\right)^{\frac{1}{2}}}\right]^2-1\right\}$$

$\boxed{M_2(0) \simeq 0.22}$

⑤ $$\boxed{\frac{G_2}{\rho_d a_d A}} = \frac{M_2(0)}{\left[1+\frac{\gamma-1}{2}M_2^2(0)\right]^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}} = \boxed{0.214} \quad \boxed{\frac{Q_2}{h_d} = 1.53} \quad \boxed{\frac{T_2(L)}{T_d}} = \frac{1}{1+\frac{\gamma-1}{2}M_2^2(L)}\left(1+\frac{Q_2}{h_d}\right) = \boxed{2.45}, \quad \boxed{\frac{T_s}{T_d} = \frac{(1+Q_2/h_d)}{1+\frac{\gamma-1}{2}M_s^2} = 2.11}$$

⑥ $$\boxed{\frac{p_s}{p_a}} = \frac{p_s}{p_2(L)}\frac{p_2(L)}{p_d}\frac{p_d}{p_a} = \left(\frac{1+\frac{\gamma-1}{2}M_2^2(L)}{1+\frac{\gamma-1}{2}M_s^2}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \times \frac{2.2}{1.18} = \boxed{1.1}$$