

**가스 계산문제**  
**(제1과목-가스유체역학)**

물리량	단 위		차 원	
	절대단위(SI)	공학단위(중력)	절대단위(SI)	공학단위(중력)
길이	$m$	$m$	$L$	$L$
질량	$kg$	$kgf \cdot s^2/m$	$M$	$FL^{-1}T^2$
시간	$s$	$s$	$T$	$T$
힘	$N, kg \cdot m/s^2$	$kgf$	$MLT^{-2}$	<b>F</b>
밀도	$kg/m^3$	$kgf \cdot s^2/m^4$	$ML^{-3}$	$FL^{-4}T^2$
비중량	$kg/m^2 \cdot s^2$	$kgf/m^3$	$ML^{-2}T^{-2}$	$FT^{-3}$
탄성계수	$kg/m \cdot s^2$	$kgf/m^2$	$ML^{-1}T^{-2}$	$FT^{-2}$
압력	$kg/m \cdot s^2$	$kgf/m^2$	$ML^{-1}T^{-2}$	$FT^{-2}$
압력, 응력	$Pa, N/m^2$	$kgf/m^2$	$ML^{-1}T^{-2}$	$FT^{-2}$
동력	$W, kg \cdot m^2/s^3$	$kgf \cdot m/s$	$ML^2T^{-3}$	$FL^{-4}T^2$
점성계수	$kg/m \cdot s, N \cdot s/m^2$	$kgf \cdot s/m^2$	$ML^{-1}T^{-1}$	$FL^{-2}T$
동점성계수	$m^2/s$	$m^2/s$	$L^2T^{-1}$	$L^2T^{-1}$
에너지, 일	$J, N \cdot m, kg \cdot m^2/s^2$	$kgf \cdot m$	$ML^2T^{-2}$	$FL$

**상사법칙**

<b>Q</b> 유량	$Q_2 = Q_1 \left( \frac{N_2}{N_1} \right) \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^3$ 또는 $Q_2 = Q_1 \left( \frac{N_2}{N_1} \right)$
<b>H</b> 양정	$H_2 = H_1 \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2$ 또는 $H_2 = H_1 \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2$
<b>P</b> 동력	$P_2 = P_1 \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^3 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^5$ 또는 $P_2 = P_1 \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^3$

<무차원수>

명 칭	정 의	의 미	비 고
레이놀즈수	$Re = \frac{\rho DV}{\mu}$	<u>관성력</u> <u>점성력</u>	모든 유체의 유동
마하 수	$Ma = \frac{V}{\alpha}$	<u>관성력</u> <u>탄성력</u>	압축성 유동
웨버 수	$We = \frac{\rho V^2 L}{\sigma}$	<u>관성력</u> <u>표면장력</u>	자유 표면 유동
프루두 수	$Fr = \frac{V}{\sqrt{Lg}}$	<u>관성력</u> <u>중력</u>	자유 표면 유동
오일러 수	$Eu = \frac{P}{\rho V^2}$	압축력 관성력	압력차에 의한 유동

<표준대기압>

$$\begin{aligned}
 1atm &= 760mmHg = 1.0332kgf/cm^2 \\
 &= 10.332mH_2O \\
 &= 14.7psi \\
 &= 101.325kpa \\
 &= 1013mbar
 \end{aligned}$$

<개념 이해>

$$\begin{aligned}
 \text{무게(중량)} &= kgf \\
 \text{질량} &= kg
 \end{aligned}$$

<분자량>

$$\begin{array}{cccc}
 H & C & N & O \\
 1 & 12 & 14 & 16
 \end{array}$$

<주요단위 환산>

$$\begin{aligned}
 1kgf &= 1kg \times 9.8m/s^2 \\
 &= 9.8kg \cdot m/s^2 \\
 &= 9.8N
 \end{aligned}$$

$$1kw = 102kgf \cdot m/s$$

$$1HP = 76kgf \cdot m/s$$

$$1PS = 75kgf \cdot m/s$$

$$1mmH_2O = 1kgf/m^2$$

$$1kw = 1kJ/s = 3600kJ/h$$

$$1kw = 860kcal/h$$

$$1J/s = 1w$$

$$1stokes = cm^2/s$$

$$10p = 1kg/m \cdot s = 1pa \cdot s$$

$$1p = 1g/cm \cdot s = 100cp = 0.1kg/m \cdot s$$

### <밀도>

$$\rho = \frac{\text{질량}}{\text{부피}} = \frac{m}{V} = \frac{[kg]}{[m^3]} [kg/m^3]$$

$$\text{물의 밀도} = 1000kg/m^3$$

$$\rho = \frac{G}{V} = \frac{P}{RT}$$

G: 질량[kg]    V: 부피[m<sup>3</sup>]  
P: 압력        R: 기체상수  
T: 절대온도

### <밀도비>

$$\frac{\rho_2}{\rho_1}$$

### <비중량>

$$\gamma = \frac{\text{중량}}{\text{부피}} = \frac{W}{V} = \frac{[kgf]}{[m^3]} [kgf/m^3]$$

$$\begin{aligned} \text{물의 비중량} &= 1000kgf/m^3 \\ &= 9800N/m^3 \end{aligned}$$

$$\gamma = \frac{P}{h} [kgf/m^3]$$

P: 압력[kgf/m<sup>2</sup>]  
h: 높이[m]

### <동점성 계수>

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

식만 고르는 문제

μ: 점성계수  
ρ: 밀도

### <레이놀즈수>

$$Re = \frac{\rho DV}{\mu} = \frac{DV}{\nu}$$

$$Re = \frac{4Q}{\pi \cdot D \cdot \nu} = \frac{4\rho \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot \mu}$$

Q: 유량[m<sup>2</sup>/s]  
D: 지름[m]  
V: 속도[m/s]  
ν: 동점성계수 [m<sup>2</sup>/s]  
ρ: 밀도[kg/m<sup>3</sup>]  
μ: 점성계수[kg·m/s]

$$Re_2 = Re_1 \times \frac{D_1}{D_2}$$

### <마하수>

$$M = \frac{V}{C} = \frac{V}{\sqrt{kRT}}$$

V: 속도[m/s]  
C: 음속  
k: 비열비  
R: 기체상수 [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>·k]  
T: 절대온도 [k]  
\*기체상수  $\frac{8314}{M}$  [J/kg·k]

### <마하각>

$$\sin\theta = \frac{C}{V}$$

C: 음속  
V: 속도

### <소리의 속도와 온도의 관계> x2

$$C \propto \sqrt{T}$$

$C = \sqrt{kRT}$ 이므로 음속(C)은 절대온도(T)의 평방근(제곱근)에 비례

<마찰계수>

$$\text{층류} \rightarrow f = \frac{64}{Re}$$

난류  $\rightarrow f = 0.3164Re^{-\frac{1}{4}}$   
\*블라시우스(Blasius)의 실험식으로  
적용범위가  $3000 < Re < 10^5$

<체적탄성계수>

$$E = - \frac{\Delta P}{-\frac{\Delta V}{V_1}} [kgf/cm^2]$$

$K$ : 체적탄성계수 [ $kgf/cm^2$ ]  
 $\Delta P$ : 압력차 [ $kgf/cm^2$ ]  
 $-\frac{\Delta V}{V_1}$ : 체적의 감소율

<압축률> x2

$$\beta = - \frac{\frac{dV}{V_1}}{dP} = \frac{1}{E} [cm^2/kgf]$$

$$\beta = \frac{1}{P}$$

$P$ : 절대압력  
식만 고르는 문제

<돌연축소관 손실수두>

$$h = K \frac{V^2}{2g}$$

<돌연확대관 손실수두>

$$h = K \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

<등가길이>

$$L_e = \frac{KD}{f}$$

$K$ : 부차적 손실계수  
 $D$ : 지름  
 $f$ : 마찰계수

<무차원수>

무차원수 = 물리량수 - 기본차원수

<모세관 현상>

$$\text{원형 모세관} : h = \frac{4\sigma\cos\theta}{\gamma D}$$

$h$ : 상승높이 [ $m$ ]     $\sigma$ : 표면장력 [ $N/m$ ]  
 $\theta$ : 각도                     $\gamma$ : 비중량 [ $N/m^3$ ]  
 $D$ : 관의 내경 [ $m$ ]

$$\text{연직 평판} : h_c = \frac{2\sigma\cos\theta}{\gamma t}$$

$h$ : 상승높이 [ $m$ ]     $\sigma$ : 표면장력 [ $N/m$ ]  
 $\theta$ : 각도                     $\gamma$ : 비중량 [ $N/m^3$ ]  
 $t$ : 두 개의 연직 평판의 간격 [ $m$ ]

<절대압력>

절대압력 = 대기압 + 게이지압력  
절대압력 = 대기압 - 진공압력

<전압 (정체압) >

전압 = 정압 + 동압

전압( $P_t$ ) = 출구전압 - 흡입전압

<동압>

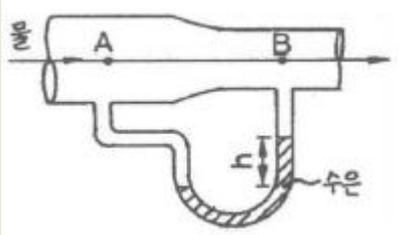
$$\text{동압} = \frac{\gamma V^2}{2g} = \frac{V^2}{2} \times \rho [pa]$$

<압력손실>

$$\Delta P = \gamma h = \rho g h$$

<U자관 A-B지점 압력차>

$$\Delta P = P_1 - P_2 = R(\gamma - \gamma_w)$$



- $\Delta P$  : U자관마노미터의 압력차 [Pa]
- $P_1$  : 입구의 압력 [pa]
- $P_2$  : 출구의 압력 [pa]
- $R$  : 마노미터 읽음 [m]
- $\gamma$  : 어떤물질의 비중량 [ $N/m^3$ ]
- $\gamma_w$  : 물의 비중량 ( $9800N/m^3$ )

<경사 마노미터 압력차>

$$P_1 - P_2 = \gamma \cdot R \cdot \sin\theta [mmH_2O]$$

- $\gamma$  : 비중량
- $R$  : [m]
- $\sin\theta$  : [°]

<마노미터 압력차>

$$\Delta P = (\gamma_s - \gamma_w) \times R [kgf/m^2]$$

- $\gamma_s$  : 수은의 비중량 [ $kgf/m^3$ ]
- $\gamma_w$  : 물의 비중량 [ $kgf/m^3$ ]
- $R$  : 마노미터 읽음 [m]

<질량유량>

$$m = \frac{\rho \cdot Q}{A} [kg/m^2 \cdot s]$$

- $\rho$  : 밀도 [ $kg/m^3$ ]
- $A$  : 단면적 [ $m^2$ ]
- $Q$  : 유량 [ $m^3/s$ ]

$$m = \rho A V [kg/s]$$

- $\rho$  : 밀도 [ $kg/m^3$ ]
- $A$  : 단면적 [ $m^2$ ]
- $V$  : 속도 [ $m/s$ ]

<중량유량>

$$G = \gamma A V [kgf/s]$$

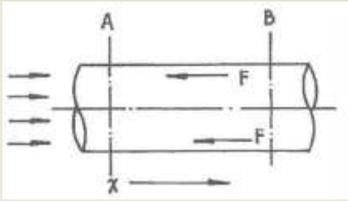
- $\gamma$  : 비중량 [ $kgf/m^3$ ]
- $A$  : 단면적 [ $m^2$ ]
- $V$  : 속도 [ $m/s$ ]

<벤투리관 유량>

$$Q = CA \sqrt{\frac{2gh}{1-m^4} \times \frac{\gamma_m - \gamma}{\gamma}}$$

$$m = \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2$$

〈마찰력〉



$$F = P \times A$$

F: 힘 [N]  
P: 압력  $(P_1 - P_2)$  [pa]  
A: 단면적 [m<sup>2</sup>]

〈추진력〉

$$F = \rho Q (V_2 - V_1)$$

$$\bar{m} = \rho A V = \rho Q$$

상대속도  $V_2$  구하기 문제

〈토크〉

$$T = (9.55 \times 735) \times \frac{L_{ps}}{N} [N \cdot m]$$

$L_{ps}$ : 축동력  
N: 회전수

〈물방울에 작용하는 표면장력의 크기〉

$$\sigma = \frac{\Delta P \times D}{4} = \frac{(P_1 - P_2) \times 2r}{4}$$

$$= \frac{(P_1 - P_2) \times r}{2}$$

$$= \{(P_1 - P_2) \times r\} \div 2$$

〈전단응력〉

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} = \mu \frac{V}{H} [kgf/cm^2]$$

$\mu$ : 점성계수 [kgf · s/m<sup>2</sup>]  
du: 속도 [m/s]  
dy: 간격 [m]  
V: 속도 [m/s]  
H: 높이 [m]

〈수직 상방향으로 물이 분사될때 높이〉

$$h = \frac{V^2}{2g} [m]$$

속도수두 공식

〈낙하거리 s〉

$$s = kgt^2$$

s: 낙하거리 [m]  
k: 무차원상수  
g: 중력가속도 [m/s<sup>2</sup>]  
t: 낙하시간 [s]

〈피스톤 움직이는 거리〉

$$A_1 L_1 = A_2 L_2$$

$$L_2 = \frac{A_1}{A_2} \times L_1 = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \times L_1$$

〈유체의 상당깊이 계산〉

$$\gamma_1 h_1 = \gamma_2 h_2$$

$$h_2 = \frac{\gamma_1 \times h_1}{\gamma_2} [m]$$

\* 유체의 높이를 물의 높이로 환산

$\gamma_1$ : 어떤 유체의 비중량  
 $h_1$ : 어떤 유체의 높이  
 $\gamma_2$ : 물의 비중량  
 $h_2$ : 물의 높이

〈높이차〉

$$h = \frac{r^2 \times w^2}{2g} [m]$$

r: 반지름 [m]  
w:  $\left(\frac{2\pi \times \text{회전수} [rpm]}{60}\right) [s]$

〈음속 계산식-1〉

$$C = \sqrt{k \cdot R \cdot T} \text{ [m/s]}$$

$k$  : 비열비  
 $R$  : 기체상수 [ $J/kg \cdot k$ ]  
 $T$  : 절대온도 [ $K$ ]

$$C = \sqrt{k \cdot g \cdot R \cdot T} \text{ [m/s]}$$

$k$  : 비열비  
 $R$  : 기체상수 ( $\frac{848}{M} \text{ kgf} \cdot \text{m/kg} \cdot k$ )  
 $T$  : 절대온도 [ $K$ ]

〈음속 계산식-2〉

$$C = \sqrt{\frac{dP}{d\rho}} = \sqrt{\frac{kP}{\rho}} = \sqrt{k \cdot R \cdot T} \text{ [m/s]} \text{에서}$$

$$R = \frac{\bar{R}}{M} = \frac{8314}{M} \text{ [J/kg} \cdot k\text{]}$$

$$C = \sqrt{kRT} = \sqrt{\frac{kRT}{M}}$$

$k$  : 비열비  
 $R$  : 기체상수 ( $\frac{848}{M} \text{ kgf} \cdot \text{m/kg} \cdot k$ )  
 $T$  : 절대온도 [ $K$ ]

〈비속도〉

$$N_s = N \frac{\sqrt{Q}}{\left(\frac{H}{n}\right)^{\frac{3}{4}}}$$

$N_s$  : 비속도 [ $\text{m}^3/\text{min} \cdot \text{m}/\text{rpm}$ ]  
 $N$  : 회전수 [ $\text{rpm}$ ]  
 $Q$  : 유량 [ $\text{m}^3/\text{min}$ ]  
 $H$  : 양정 [ $\text{m}$ ]  
 $n$  : 단수 (없으면 1)

〈수평원관 속에 층류로 흐를 때 평균속도〉

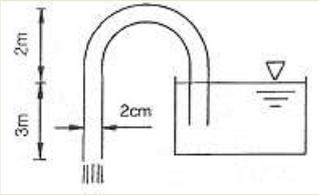
$$V_{avg} = \frac{1}{2} \times V_{max}$$

〈피스톤 사이의 틈으로 역류하는 물의 평균속도〉

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{A_1 V_1}{A_2} = \frac{\frac{\pi}{4} (\text{피스톤바깥지름})^2 \times V_1}{\frac{\pi}{4} (1^2 - \text{피스톤바깥지름}^2)}$$

〈사이펀관 유속 & 구멍으로 유출되는 속도〉



$$V = \sqrt{2gh} \text{ [m/s]}$$

$h$  : 수면 높이 [ $\text{m}$ ]

〈관벽에서 ( ) 떨어진 지점의 유속 계산〉

$$u = u_{max} \left(1 - \frac{r^2}{r_0^2}\right) \text{ [cm/s]}$$

$u_{max}$  : 관중심에서의 유속 [ $\text{cm/s}$ ]  
 $r$  : 원관의 반지름 - 떨어진 거리 [ $\text{cm}$ ]  
 $r_0$  : 원관의 반지름 [ $\text{cm}$ ]

〈물속에서 압력파가 전파되는 속도〉

$$C = \sqrt{\frac{K}{\rho}} = \sqrt{\frac{K}{\frac{\gamma}{g}}} \text{ [m/s]}$$

$K$  : 체적탄성계수 [ $\text{kgf}/\text{m}^2$ ]  
 $\rho$  : 밀도 [ $\text{kgf} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$ ]  
 $\gamma$  : 비중량 [ $\text{kgf}/\text{m}^3$ ]  
 $g$  : 중력가속도 [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]

〈강철관 공기 유속〉

$$\frac{P_1 Q_1}{T_1} = \frac{P_2 Q_2}{T_2}$$

처음상태 :  $Q_1 P_1 T_1$   
 나중상태 :  $Q_2 P_2 T_2$

〈달시웨버식(마찰손실수두)-난류일 때〉

$$H = \frac{fLV^2}{2gD} [m]$$

$H$ : 손실수두 [ $mH_2O$ ]     $f$ : 마찰계수  
 $L$ : 길이 [ $m$ ]                       $V$ : 속도 [ $m/s$ ]  
 $g$ : 중력가속도 [ $m/s^2$ ]     $D$ : 관지름 [ $m$ ]  
 $f: \frac{64}{Re}$

〈압력손실〉

$$\Delta P = \frac{fLV^2}{2gD} \times \rho [kgf/m^2]$$

〈패닝식(마찰손실수두)〉

가) 비원형관의 경우

$$H_f = f \cdot \frac{L}{4R_h} \cdot \frac{V^2}{2g} [mH_2O]$$

$H_f$ : 손실수두 [ $mH_2O$ ]     $f$ : 마찰계수  
 $L$ : 길이 [ $m$ ]                       $V$ : 속도 [ $m/s$ ]  
 $g$ : 중력가속도 [ $m/s^2$ ]  
 $R_h$ : 수력반지름 ( $R_h = \frac{A}{S}$ ) [ $m$ ]  
 $A$ : 유동단면적 [ $m^2$ ]  
 $S$ : 단면둘레의 길이(접수길이) [ $m$ ]

나) 원형관의 경우

$$H_f = 4f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} [mH_2O]$$

$H_f$ : 손실수두 [ $mH_2O$ ]  
 $f$ : 마찰계수  
 $L$ : 길이 [ $m$ ]  
 $V$ : 속도 [ $m/s$ ]  
 $g$ : 중력가속도 [ $m/s^2$ ]  
 $f: \frac{16}{Re}$

〈베르누이 방정식〉

$$H = \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + Z$$

$H$ : 총 손실수두 [ $m$ ]  
 $V$ : 속도 [ $m/s$ ]  
 $P$ : 압력 [ $N/m^2$ ]  
 $\gamma$ : 비중량 [ $N/m^3$ ]  
 $Z$ : 높이 [ $m$ ]

〈하겐-푸아젤 방정식-층류일때〉

$$\Delta P = \frac{128\mu LQ}{\pi D^4} [kgf/cm^2]$$

$\Delta P$ : 압력강하 [ $kgf/m^2$ ]  
 $\mu$ : 점성계수 [ $kgf \cdot s/m^2$ ]  
 $L$ : 배관길이 [ $m$ ]  
 $D$ : 관지름 [ $m$ ]

〈하겐-푸아젤 방정식을 이용한 손실수두〉

$$H_L = \frac{128\mu LQ}{\pi D^4 \gamma} [m]$$

〈손실수두 계산〉

$$h_L = \left\{ 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right\}^2 \times \frac{V_1^2}{2g}$$

$D_1$ : 축소 안지름 [ $mm$ ]  
 $D_2$ : 확대 안지름 [ $mm$ ]  
 $V_1$ : 축소 관 속도 [ $m/s$ ]

〈마찰에 의한 손실수두 계산〉

손실수두 = 출구수두 - 입구수두 - 높이차 [ $m$ ]

출구수두, 입구수두

$$h = \frac{P [kgf/m^2]}{\gamma [kgf/m^3]} [m]$$

〈펌프 동력 단위 환산〉

$$1kw = 102kgf \cdot m/s$$

$$1HP(\text{영국식}) = 76kgf \cdot m/s$$

$$1PS(\text{프랑스식}) = 75kgf \cdot m/s$$

〈펌프 동력공식〉

$$P = \frac{\gamma QH}{102 \times 60\eta} k [kw]$$

$\gamma$ : 물의 비중량 [ $kgf/m^3$ ]  
 $Q$ : 유량 [ $m^3/min$ ]  
 $H$ : 높이 [ $m$ ]  
 $102$ :  $kgf \cdot m/s$ 을  $kw$ 로 변환하기 위한 수  
 $n$ : 효율  
 $60$ :  $min$ 을  $s$ 으로 변환하기 위한 수  
 $k$ : 전달계수

$$HP = \frac{\gamma QH}{76 \times 60\eta} k [HP]$$

$$PS = \frac{\gamma QH}{75 \times 60\eta} k [PS]$$

$\gamma$ : 물의 비중량 [ $kgf/m^3$ ]  
 $Q$ : 유량 [ $m^3/min$ ]  
 $H$ : 높이 [ $m$ ]  
 $76$ :  $kgf \cdot m/s$ 을  $HP$ 로 변환하기 위한 수  
 $75$ :  $kgf \cdot m/s$ 을  $PS$ 로 변환하기 위한 수  
 $n$ : 효율  
 $60$ :  $min$ 을  $s$ 으로 변환하기 위한 수  
 $k$ : 전달계수

〈송풍기 동력〉

$$P = \frac{P_t \times Q}{60\eta} k [kw]$$

$P_t$ : 전압 [ $kPa$ ]  
 $Q$ : 유량 [ $m^3/min$ ]  
 $n$ : 효율  
 $* 1kJ/s = 1kw$

〈터보팬 동력〉

$$PS = \frac{P_t \times Q}{75 \times 60\eta} k [PS]$$

$P_t$ : 전압 [ $kgf/m^2$ ] 또는 [ $mmAq$ ]  
 $Q$ : 유량 [ $m^3/min$ ]  
 $n$ : 효율

〈동력〉

$$PS = \frac{F \times V}{75} [PS]$$

$F$ : 힘 [ $kgf$ ]  
 $V$ : 속도 [ $m/s$ ]  
 $75$  [ $kgf \cdot m/s$ ]

〈비행기가 수평 비행할 때 동력〉 x2

조건) 양력(L)과 항력(D)의 비  $\frac{L}{D} = 5$ 이다.

$$PS = \frac{D \cdot V}{75} = \frac{L}{5} \times \frac{V}{75}$$

$L$ : 양력(중량) [ $kgf$ ]  
 $V$ : 속도 [ $m/s$ ]

〈펌프의 총효율〉

$$\text{기계효율}(\eta_m) \times \text{수력효율}(\eta_h) \times \text{체적효율}(\eta_v)$$

〈액체에 잠긴 비중계의 체적계산〉

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot L$$

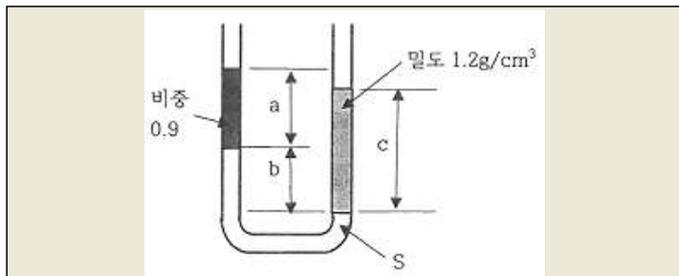
\* cm로 계산 할것

〈액체의 비중 계산〉

$$s = \frac{m - V}{m}$$

$m$ : 질량 [ $g$ ]  
 $V$ : 체적 [ $cm^3$ ]

〈U자관 비중〉



$$S_a h_a = S_b h_b + S_c h_c$$

〈이상기체 상태방정식〉

$$PV = nRT$$

$$PV = \frac{W}{M}RT$$

$$PV = Z \frac{W}{M}RT$$

$P$ : 압력[atm]  
 $V$ : 체적[L]  
 $n$ : 몰수[mol]  
 $R$ : 기체상수(0.082 atm · L/mol · K)  
 $M$ : 분자량[g/mol]  
 $W$ : 질량[g]  
 $T$ : 절대온도[K]  
 $Z$ : 압축계수

$P$ : 압력[atm]  
 $V$ : 체적[m<sup>3</sup>]  
 $n$ : 몰수[kmol]  
 $R$ : 기체상수(0.082 atm · m<sup>3</sup>/kmol · K)  
 $M$ : 분자량[kg/kmol]  
 $W$ : 질량[kg]  
 $T$ : 절대온도[K]  
 $Z$ : 압축계수

$$PV = GRT$$

$P$ : 압력[kPa · a]  
 $V$ : 체적[m<sup>3</sup>]  
 $G$ : 질량[kg]  
 $T$ : 절대온도[K]  
 $R$ : 기체상수( $\frac{8.314}{M}$  kJ/kg · K)

$$PV = GRT$$

$P$ : 압력[kgf/m<sup>2</sup> · a]  
 $V$ : 체적[m<sup>3</sup>]  
 $G$ : 중량[kgf]  
 $T$ : 절대온도[K]  
 $R$ : 기체상수( $\frac{848}{M}$  kgf · m/kg · K)

〈기체상수 값〉

- = 0.08206 atm · L/mol · k
- = 82.06 atm · cm<sup>3</sup>/mol · k
- = 1.987 cal/mol · k
- = 8.314 × 10<sup>7</sup> erg/mol · k
- = 8.314 J/mol · k
- = 8.314 pa · m<sup>3</sup>/mol · k
- = 8314 J/kmol · k

〈샤를의 법칙〉

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$V$ : 체적 [m<sup>3</sup>]  
 $T$ : 절대온도 [K]

〈보일의 법칙〉

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$P$ : 압력  
 $V$ : 체적

〈보일 샤를의 법칙〉

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$P$ : 압력 [Kpa]  
 $V$ : 체적 [m<sup>3</sup>]  
 $T$ : 절대온도 [K]

〈정체 온도비〉

$$\frac{T_o}{T} = 1 + \frac{k-1}{2} M^2$$

$K$ : 비열비  
 $M$ : Mach  
 $T$ : 기체온도 [K]  
 $T_o$ : 탱크온도 [K]

〈임계 압력비〉

$$\left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{K}{K-1}}$$

**\*식만 고르는 문제 출제**

〈임계 온도비〉

$$\left(\frac{2}{K+1}\right)$$

〈임계 밀도비〉

$$\left(\frac{2}{K+1}\right)^{\frac{1}{K-1}}$$

〈정적비열〉

$$C_v = \frac{du}{dT} = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial q}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_v \cdot T$$

〈정압비열〉

$$C_p = \frac{dh}{dT} = \left(\frac{\partial h}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial q}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_p \cdot T$$

〈비열비〉

$$k = \frac{C_p}{C_v}$$

$C_p$  : 정압비열 [J/kg · k]  
 $C_v$  : 정적비열 [J/kg · k]

〈정압비열 기체상수 R값 계산〉

$$C_p = \frac{k}{k-1} R$$

$$R = \frac{k-1}{k} C_p [kcal/kg \cdot k]$$

$C_p$  : 정압비열 [kcal/kg · k]  
 $k$  : 비열비  
 $R$  : 기체상수 [kcal/kg · k]

〈기체상수(R) 계산〉

$$R = C_p - C_v$$

$C_p$  : 정압비열  
 $C_v$  : 정적비열

〈기체상수(R) 계산〉

$$R = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} [kJ/kg \cdot k]$$

$$R = \frac{8.314}{M} [kJ/kg \cdot k]$$

$Q$  : 현열량 [kJ]  
 $m$  : 질량 [kg]  
 $\Delta T$  : 온도차 [K]

〈전 폴리트로프 효율〉 x2

$$\eta = \eta_1 \times (1 - \eta_m) \times 100 [\%]$$

$\eta_1$  : 원심압축기의 폴리트로프 효율  
 $\eta_m$  : 기계손실

〈등엔트로피(가역단열) 과정〉

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$$

〈압축기에서 열전달량〉

입력 열량(동력) - 공기에 전달된 열량

〈압축기 공기에 전달된 열량〉

$$Q = \bar{m} \cdot C_p \cdot \Delta T [J/s]$$

$\bar{m}$  : 질량유량 [kg/s]  
 $C_p$  : 정압비열 [J/kg · k]  
 \* J/s = w

〈비행체의 선단에서의 온도증가〉

$$T_s - T = \frac{1}{R} \times \frac{k-1}{k} \times \frac{V^2}{2} [K]$$

$R$  : 기체상수 [J/kg · k]  
 $k$  : 비열비  
 $V$  : 속도 [m/s]

**\*절대 온도로 1K 온도 증가는 섭씨온도로 1°C 증가한것과 같다.**

〈펌프가 유체에 가해준 일〉

$$W = \gamma \times h \times Q \text{ [kgf} \cdot \text{m/h]}$$

$\gamma$ : 유체의 비중량 [kgf/m<sup>3</sup>]  
 ( $s \times \gamma_w$ )  
 $h$ : 높이 [m]  
 $Q$ : 유량 [m<sup>3</sup>/h]

**\*1ton = 1000kgf**

중량유량 (kgf/h) → 체적유량 (m<sup>3</sup>/h)로 변경

$$\frac{[\text{kgf/h}]}{\gamma [\text{kgf/m}^3]} = \frac{[\text{kgf/h}]}{s \times \gamma_w [\text{kgf/m}^3]}$$

〈실제 송출량〉

$$Q = \eta_V \frac{ASn}{60} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

**\*식만 고르는 문제**

$\eta_V$ : 체적효율  
 $A$ : 피스톤 단면적 [m<sup>2</sup>]  
 $S$ : 행정 [m]  
 $n$ : 회전수 [rpm]

〈항력계수식〉

$$C_p = \frac{2D}{\rho V^2 A} = \frac{D}{0.5\rho V^2 A}$$

**\*식만 고르는 문제**

〈Stokes법칙이 적용되는 범위에서 항력계수  $C_D$  값으로 옳은 것〉 **x2**

$$C_D = \frac{24}{Re}$$

〈속도를 2% 감소시키기 위해서 단면적 % 변화〉

조건 공식

$$\frac{dA}{A} = (M^2 - 1) \times \frac{dV}{V}$$

조건 마하수 2, 속도 2% 감소

$$= (2^2 - 1) \times 0.02 = 0.06 \therefore 6\%$$

〈충격파 발생한 후 Mach 수〉

$$M_2^2 = \frac{2 + (k-1)M_1^2}{2kM_1^2 - (k-1)}$$

$M_1$ : 충격파 전의 마하수  
 $M_2$ : 충격파 후의 마하수  
 $k$ : 비열비

〈압력변동률〉

$$= \frac{\text{압력변동폭}}{\text{평균부피일 때의 압력}}$$

**\*압력변동폭 = 최고 - 최소**

〈수직반경〉

사각형일 경우

$$R_h = \frac{A}{L} = \frac{(\text{가로} \times \text{세로})}{(\text{가로} + \text{세로}) \times 2}$$

원형일 경우

$$R_h = \frac{A}{L} = \frac{\pi r^2}{2\pi r}$$

환형관일 경우

$$R_h = \frac{A}{L} = \frac{\pi(r_1^2 - r_2^2)}{2\pi(r_1 + r_2)}$$

$R_h$ : 수직반경 [m]  
 $A$ : 단면적 [m<sup>2</sup>]  
 $L$ : 단면둘레의 길이 [m]

# 가스 계산문제 (제2과목-연소공학)

## 〈과잉공기(과잉공기계수) 계산〉

$$m = \frac{N_2}{N_2 - 3.76(O_2 - 0.5CO)}$$

$N_2$  : 질소  
 $O_2$  : 산소  
 $CO$  : 일산화탄소

**\*퍼센트값 바로 들어감**

$$m = \frac{N_2}{N_2 - 376O_2}$$

## 〈과잉공기비 공식〉

$$\begin{aligned} \text{과잉공기비} &= \frac{B}{M_o} = \frac{M - M_o}{M_o} \\ &= \frac{M}{M_o} - 1 = m - 1 \end{aligned}$$

**\*식만 고르는 문제**

\*과잉공기비 : 과잉공기량(B)과 이론공기량( $M_o$ )의 비이다.

## 〈공기비 공식〉

$$m = \frac{A}{A_o} = \frac{A_o + B}{A_o} = 1 + \frac{B}{A_o}$$

\*공기비 : 과잉공기계수라 하며 이론공기량( $A_o$ ) 실제공기량(A)의비

## 〈과잉공기 백분율% 계산〉

$$\begin{aligned} \text{과잉공기율}(\%) &= \frac{B}{M_o} \\ &= \frac{M - M_o}{M_o} \times 100 \\ &= (m - 1) \times 100 \end{aligned}$$

\*과잉공기비 : 과잉공기량(B)과 이론공기량( $M_o$ )의 비율(%)

## 〈이론 산소량 및 이론 공기량〉

### ② 고체 및 액체연료

(가) 연료 1kg당 이론산소량(kg) 및 이론공기량(kg) 계산

$$\text{이론산소량}(O_o) [\text{kg/kg}] = 2.67C + 8\left(H - \frac{O}{8}\right) + S$$

$$\text{이론공기량}(A_o) [\text{kg/kg}] = \frac{O_o}{0.232} \text{ kg/kg}$$

(나) 연료 1kg당 이론산소량(Nm<sup>3</sup>) 및 이론공기량(Nm<sup>3</sup>) 계산

$$\text{이론산소량}(O_o) [\text{Nm}^3/\text{kg}] = 1.867C + 5.6\left(H - \frac{O}{8}\right) + 0.7S$$

$$\text{이론공기량}(A_o) [\text{Nm}^3/\text{kg}] = \frac{O_o}{0.21} \text{ Nm}^3/\text{kg}$$

## 〈공기의 온도계산〉

$$T_2 = \frac{Q}{GC_v} + T_1 [K]$$

$Q$  : 열량 [kJ]  
 $G$  : 질량 [kg]  
 $C_v$  : 정적비열 [kJ/kg · K]

## 〈공기의 기체상수〉

**공기가 산소20%, 질소80% 일 때**

### ① 공기 평균 분자량 계산

$$M = (32 \times 0.2) + (28 \times 0.8)$$

### ② 기체상수 계산

$$R = \frac{8.314}{M} [kJ/kg \cdot K]$$

공기 분자량 : 약 29  
산소분자량 : 32  
질소분자량 : 28

## 〈산소 부분의 압력〉

$$PO_2 = \text{전압} \times \frac{\text{성분몰}}{\text{전몰}} [atm]$$

**\*mmHg 단위 환산**

전압 : [atm]  
성분몰 : 산소의 몰수  
전몰 : 전체 몰수의 합

〈열효율 공식〉

$$n = 1 - \frac{T_2}{T_1} [\%]$$

$T_1$  : 고열원  
 $T_2$  : 저열원

〈열효율 공식〉

$$n = \frac{\text{유효하게 사용된 열량}}{\text{공급열량}} \times 100$$

$T_1$  : 고열원  
 $T_2$  : 저열원

〈열효율〉

$$\eta = \frac{AW}{Q_1} \times 100 = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \times 100 = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100$$

$T_1$  : 고열원       $T_2$  : 저열원  
 $Q_1$  : 수취한 열 [kJ]     $Q_2$  : 배출한 열 [kJ]  
AW : 출력을 kcal로 환산  
\*1kw = 860kcal  
 $Q_1$  : 연료소모량 [kg] × 발열량 [kcal]

〈냉동기 성적계수〉

$$\eta = \frac{Q_2}{AW} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

$$COP = \frac{Q_2}{AW} = \frac{q_2}{q_1 - q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}$$

$Q_2$  : 얼음질량 [kg] × 응고열 [kcal/kg]  
AW : kcal

1kw = 860kcal

$T_2$  : 냉동유지온도     $T_1$  : 열방출온도

〈열펌프 성적계수〉

$$\eta = \frac{Q_1}{AW} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_2}$$

〈연소효율〉 x2

$$\text{연소효율} = \frac{\text{실제 발생열량}}{\text{진발열량}} \times 100$$

$$\text{연소효율} = \frac{\text{발생한 열량} - \text{수증기의잠열}}{\text{저발열량}} \times 100$$

〈보일러의 열효율〉

$$n = \frac{G_a(h_2 - h_1)}{G_f \cdot H_l} \times 100 [\%]$$

$G_a$  : 증기 [kg]  
 $h_1$  : 물의 엔탈피 [kJ/kg]  
 $h_2$  : 발생된 증기의 엔탈피 [kJ/kg]  
 $H_l$  : 발열량 [kJ/kg]

〈오토사이클 열효율〉 x3

$$\eta = \left\{ 1 - \left( \frac{1}{\varepsilon} \right)^{k-1} \right\} \times 100 [\%]$$

$\varepsilon$  : 압축비     $k$  : 비열비

〈단열팽창시 온도〉〈단열압축시 온도〉 x2

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

〈디젤 기관 사이클 압축비〉

$$\varepsilon = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}}$$

〈석탄 연료비〉

$$\text{연료비} = \frac{\text{고정탄소}}{\text{휘발분}} [\%]$$

고정탄소 = 100 - (수분 + 화분 + 휘발분)  
%값 바로 대입

〈엔트로피의 변화량〉 x2

$\Delta S = \frac{dQ}{T} [kcal/kg \cdot k]$
$\Delta S = \frac{dQ}{T} [cal/mol \cdot k]$
<p><math>dQ</math>: 엔탈피 변화량 [kcal/kg]  <math>dQ</math>: 증발잠열 [cal/g] × 18g/mol  <math>T</math>: 절대온도 [K]</p>

〈엔탈피 변화량〉

$du = - W_t$
$W_t = \frac{k}{k-1} P_1 V_1 \left\{ 1 - \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} \right\} [kJ]$
<p><math>du</math>: 엔탈피 변화량  <math>W_t</math>: 단열과정 압축일량  * 엔탈피 변화량과 단열과정 압축일량은 절대값이 같고 부호만 다르다.  <math>k</math>: 비열비  <math>P_1</math>: 압력 [kpa]  <math>V_1</math>: 변화전 체적 [m<sup>3</sup>]  <math>V_2</math>: 변화후 체적 [m<sup>3</sup>]</p>

〈엔탈피의 변화량〉

$h_2 - h_1 = P_2 V_2 - P_1 V_1 [kJ]$
<p><math>P</math>: 압력 [kpa]  <math>V</math>: 체적 [m<sup>3</sup>]</p>

〈열량변화〉

$dq = m(u_2 - u_1) [kJ]$
<p><math>m</math>: 질량 [kg]  <math>u_2</math>: 증가후 내부에너지 [kJ/kg]  <math>u_1</math>: 증가전 내부에너지 [kJ/kg]</p>

〈내부에너지 변화량〉

$du = dh - dW [kcal/kg]$
<p><math>dh</math>: 외부로 방출되는 열량 [kcal]  <math>dW</math>: 일 [kgf · m] × <math>\frac{1}{427}</math></p>

〈혼합가스의 발열량〉

$Q_2 = \frac{Q_1}{1+x} [kcal/m^3]$
<p><math>Q_1</math>: 발열량 [kcal/m<sup>3</sup>]  <math>x</math>: 혼합한기체의 부피 [m<sup>3</sup>]</p>

〈시간당 석탄 소모량〉

$G_f = \frac{\text{유효하게 사용된 열량}}{\text{발열량} \times \text{효율}} [\text{톤}]$
$1kw = 860kcal/h$

〈연소 상한계와 하한계〉

<p><b>상한계</b></p> $\frac{\text{가스 조성농도 합계} [\%]}{\frac{V_1}{U_1} + \frac{V_2}{U_2} + \frac{V_3}{U_3} + \frac{V_4}{U_4} + \frac{V_5}{U_5}}$ <p><math>V</math>: 조성농도 [%] <math>U</math>: 연소상한계 [vol%]</p>
<p><b>하한계</b></p> $\frac{\text{가스 조성농도 합계} [\%]}{\frac{V_1}{L_1} + \frac{V_2}{L_2} + \frac{V_3}{L_3} + \frac{V_4}{L_4} + \frac{V_5}{L_5}}$ <p><math>V</math>: 조성농도 [%] <math>L</math>: 연소하한계 [vol%]</p>

〈수소 완전 연소시 고위발열량 과 저위발열량 차이〉

$$18\text{kg/kmol} \times \text{포화상태} (kJ/kg) [kg/kg]$$

〈위험도〉

$$H = \frac{U - L}{L}$$

$H$ : 위험도  
 $U$ : 폭발상한계  
 $L$ : 폭발하한계

〈굴뚝의 높이〉

$$H = \frac{Z}{355 \times \left( \frac{1}{T_a} - \frac{1}{T_g} \right)} [m]$$

$Z$ : 굴뚝에서 통풍력 [ $mmH_2O$ ]  
 $T_a$ : 대기온도 [ $K$ ]  
 $T_g$ : 가스온도 [ $K$ ]

〈총발열량( $H_h$ )과 잔발열량( $H_l$ )의 관계식〉

$$H_h = H_l + 600(9H + W) [kcal/kg]$$

$$H_l = H_h - 600(9H + W) [kcal/kg]$$

$H_h$ : 고위발열량  
 $H_l$ : 저위발열량  
 $H$ : 수소  
 $W$ : 수분

\*30kg 증유의 고위 발열량 90000kcal일 때  
 $H_h : \frac{90000kcal}{30kg}$

〈외계에 한 최대 일〉

$$W = nR\Delta T [cal]$$

$n$ : 몰수 [mol]  
 $R$ : 1.987 [cal/mol · k]  
 $\Delta T$ : 온도차 [ $K$ ] (5°C 상승은 5K상승과 같다)

〈저위발열량 계산식〉

$$H_l = H_h - 600(9H + W) [kcal/kg]$$

$$H_l = H_h - 2.5(9H + W) [MJ/kg]$$

\*무연탄 발열량문제  
습분 = 7% = (9H + W) = 0.07

$\therefore H_l - H_h - 2.5 \times 0.07$

〈이론 연소 온도〉

$$= \frac{\text{연료 소비량} \times \text{저위발열량}}{\text{열용량}}$$

〈열손실〉

$$Q = K \frac{4\pi(T_1 - T_2)}{\frac{1}{r_i} - \frac{1}{r_o}} [w]$$

$K$ : 반응 용기 [ $W/m \cdot ^\circ C$ ]  
 $T_1, T_2$ : 표면 온도  
 $r_i$ : 안쪽 반지름 [ $m$ ]  
 $r_o$ : 바깥쪽 반지름 [ $m$ ]

〈열손실〉

열손실량 = 출력  $\times$  마찰손실률

$$*1kw = 1kJ/s = 3600kJ/h$$

〈과열증기온도〉

$$= \text{포화증기온도} + \text{과열도} [^\circ C]$$

〈현열 (상태변화 없이 온도만 상승)〉

$$Q = C \cdot \Delta t$$

$C$ : 비열 [ $kcal/kg$ ]  
 $\Delta t$ : 온도차

〈현열량〉

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T [kJ]$$

$m$ : 질량 [ $kg$ ]  
 $C$ : 비열  
 $\Delta T$ : 온도차 [ $K$ ]

〈가스정수〉

$$R = (\text{가스정수} \times \text{체적비}) + (\text{가스정수} \times \text{체적비})$$

$$\text{가스정수} : kgf \cdot m/kg \cdot k$$

〈평균분자량〉

$$M = (\text{분자량1} \times \text{부피}) + (\text{분자량2} \times \text{부피})$$

$H$ : 1                       $C$ : 12  
 $N$ : 14                      $O$ : 16

〈폭발 시 화염중심으로부터 압력이 전파되는 반지름 거리를 구하는 식〉

$$R = k W^{\frac{1}{3}}$$

# 가스 계산문제 (제3과목-가스설비)

## 〈항구(영구)증가율%〉

$$= \frac{\text{항구증가량}}{\text{전증가량}} \times 100$$

## 〈항구(영구)증가량〉

$$= \text{항구증가율} \times \text{전증가량}$$

\*신규용기에 대한 내압시험 시 항구증가율 10% 이하가 합격기준이다. 따라서 0.1

## 〈안전밸브의 최고작동압력〉

$$\text{안전밸브 작동압력} = \text{내압시험압력} \times \frac{8}{10}$$

$$\text{내압시험압력} = \text{상용압력} \times 1.5$$

$$= (\text{상용압력} \times 1.5) \times \frac{8}{10}$$

## 〈산소용기의 내압시험 압력〉

$$\text{내압시험압력} = \text{최고충전압력} \times \frac{5}{3}$$

## 〈감압밸브의 내압시험 압력〉

$$\text{내압시험압력} = \text{상용압력} \times 1.5$$

## 〈스케줄수〉

$$= \frac{\text{최고사용압력} [kg_f/cm^2]}{\text{허용응력} [kg_f/cm^2]} \times 1000$$

## 〈허용응력〉

$$= \frac{\text{인장강도} [kg_f/cm^2]}{\text{안전율}} [kg_f/cm^2]$$

## 〈펌프의 회전수〉

$$N = \frac{120f}{P} \times \left(1 - \frac{S}{100}\right) [rpm]$$

f: 주파수 [Hz]  
P: 극수  
S: 미끄럼률 [%]

## 〈웨버지수 WI〉

$$WI = \frac{H_g}{\sqrt{d}}$$

$H_g$ : 발열량 [kcal/m<sup>3</sup>]  
d: 비중

## 〈중량비(C/H)〉

$$\text{프로판 } C_3H_8 \rightarrow \frac{C}{H} = \frac{12 \times 3}{1 \times 8}$$

C: 12  
H: 1

## 〈필요용기수〉 - 절상할 것

$$= \frac{\text{최대소비수량}}{\text{표준가스 발생능력}}$$

- 가스렌지 1대 : 0.15kg/h
- 순간온수기 1대 : 0.65kg/h
- 가스보일러 1대 : 2.50kg/h

표준가스 발생능력 1.5kg/h

$$= \frac{(0.15 \times 1) + (0.65 \times 1) + (2.5 \times 1)}{1.5}$$

〈왕복 압축기의 압출량(송출량)〉

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot L \cdot n \cdot N \cdot n_v [m^3/\text{min}]$$

D: 지름 [m]  
L: 행정거리 [m]  
n: 기통수 (없으면 1)  
N: 회전수 [rpm]  
n<sub>v</sub>: 체적효율 (없으면 생략)

〈LP가스의 분출량〉 x2

$$Q = 0.009 D^2 \sqrt{\frac{P}{s}} (m^3) \times \text{시간} \times 1000 (L/m^3) [L]$$

D: 지름 [mm]  
P: 압력 [mmH<sub>2</sub>O]  
d: LP가스의 비중

〈가스 소비량〉

$$G_f = \frac{G \cdot C \cdot \Delta T}{H_f \cdot \eta}$$

G: 질량 [kg]  
C: 물의 비열 [kcal/kg · °C]  
ΔT: 변화온도 [°C]  
G<sub>f</sub>: 가스사용량 [m<sup>3</sup>]  
H<sub>f</sub>: 가스 발열량 [kcal/m<sup>3</sup>]

〈고온체로 방출하는 열량〉 X2

$$COP_R = \frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \text{에서}$$

$$\frac{Q_2}{W} = \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2} \text{이고, } 1kw = 860kcal/h \text{이다}$$

$$\therefore Q_1 = \frac{WQ_2}{Q_2} + Q_2 [kcal/s]$$

W: 일 [kcal/s]  
Q<sub>2</sub>: 저온체에서 흡수한 열 [kcal/s]

〈가스레인지의 열효율〉

$$\eta = \frac{G \cdot C \cdot \Delta T}{G_f \cdot H_f} \times 100$$

G: 질량 [kg]  
C: 물의 비열 [kcal/kg · °C]  
ΔT: 변화온도 [°C]  
G<sub>f</sub>: 가스사용량 [m<sup>3</sup>]  
H<sub>f</sub>: 가스 발열량 [kcal/m<sup>3</sup>]

〈압력손실 계산식〉

$$Q = K \sqrt{\frac{H \cdot D^5}{S \cdot L}}$$

프로판이 흐를때의 압력손실

$$H_1 = \frac{Q_1^2 \times S_1 \times L_1}{K^2 \times D_1^5}$$

부탄이 흐를때의 압력손실

$$H_2 = \frac{Q_2^2 \times S_2 \times L_2}{K^2 \times D_2^5}$$

유량계수(K), 관길이(L), 관지름(D) 변화없으므로  
생략

$$\frac{H_2}{H_1} = \frac{Q_2^2 \times S_2}{Q_1^2 \times S_1}$$

$$H_2 = H_1 \times \frac{Q_2^2 \times S_2}{Q_1^2 \times S_1}$$

〈중간압력〉

$$P_m = \sqrt{P_1 \times P_2}$$

〈중간압력〉

대기압에서 1.5MPa·g까지 2단 압축기로 압축하는  
경우 압축동력을 최소로 하기 위해서는 중간압력을  
얼마로 하는 것이 좋은가?

$$P_o = \sqrt{P_1 \times P_2} = \sqrt{0.1 \times (1.5 + 0.1)}$$

$$0.4Mpa \cdot a - 0.1Mpa = 0.3Mpa \cdot g$$

대기압은 약 0.1Mpa에 해당된다.

<등온압축일>

$$N_T = P_1 Q_1 \ln \frac{P_2}{P_1} [kw]$$

$P_1$  : 흡입압력 [kpa]  
 $P_2$  : 토출압력 [kpa]  
 $Q_1$  : 흡입공기량 [ $m^3/s$ ]

<늘어난 길이>

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t [m]$$

$L$  : 길이 [m]  
 $\alpha$  : 선팽창계수 [ $1/^\circ C$ ]  
 $\Delta t$  : 온도차 [ $^\circ C$ ]

<안전공간>

$$Q = \frac{V - E}{V} \times 100 [\%]$$

$$E = \frac{\text{질량} [kg]}{\text{비중}} [L]$$

\* 1kg = 1L

$V$  : 내용적 [L]  
 $E$  : 체적 [L]

<노즐변경률>

$$\frac{D_2}{D_1} = \sqrt{\frac{W_1 \times \sqrt{P_1}}{W_2 \times \sqrt{P_2}}}$$

$$= \sqrt{\frac{\frac{\text{발열량} [kcal/m^3]}{\sqrt{\text{비중}}} \times \sqrt{\text{압력} [mmH_2O]}}{\frac{\text{발열량} [kcal/m^3]}{\sqrt{\text{비중}}} \times \sqrt{\text{압력} [mmH_2O]}}}$$

$W_1, P_1$  : 변경전  
 $W_2, P_2$  : 변경후

<아세톤의 양>

아세톤 무게 [kg] = 아세톤체적 [L] × 비중  
 \*아세톤 체적= 용기 내용적 X 아세톤이 차지한 내용적

<저압배관의 관지름 설계시 Pole식을 이용하여 배관의 안지름이 2배가 되면 유량은 ?>

$$\text{Pole식 : } Q = k \sqrt{\frac{D^5 H}{SL}}$$

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{K \sqrt{\frac{D_2^5 H_2}{S_2 L_2}}}{K \sqrt{\frac{D_1^5 H_1}{S_1 L_1}}} = \frac{\sqrt{D_2^5}}{\sqrt{D_1^5}}$$

$$Q_2 = \frac{\sqrt{(2D_1)^5}}{\sqrt{D_1^5}} \times Q_1 = \sqrt{2^5} \times Q_1$$

$K$  : 유량계수     $D$  : 안지름  
 $H$  : 압력손실     $S$  : 가스비중  
 $L$  : 배관길이

<각 단의 토출압력>

$$a = \frac{P_2}{P_1} \rightarrow P_2 = P_1 \times a$$

1단  $P = P_1 \times a$

2단  $P = 1\text{단} P \times a$

3단  $P = 2\text{단} P \times a$

$a$  : 압축비

# 가스 계산문제

## (제4과목-가스안전관리)

### 〈용접용기 동판의 두께〉 X2

$$t = \frac{PD}{2S\eta - 1.2P} + C [mm]$$

**두께 비교식**

$$\frac{t_2}{t_1}$$

$P$ : 최고충전압력 [Mpa]  
 $D$ : 동체의 안지름 [mm]  
 $S$ : 허용응력(인장강도  $\times \frac{1}{4}$ ) [N/mm<sup>2</sup>]  
 $\eta$ : 용접효율  
 $C$ : 부식여유 [mm]

### 〈접시형 경판 두께 계산〉

$$t = \frac{PDW}{2S\eta - 0.2P} + C [mm]$$

### 〈반타원체형 경판 두께 계산〉

$$t = \frac{PDV}{2S\eta - 0.2P} + C [mm]$$

### 〈체적비〉

$$\text{체적비} = \frac{\text{액화가스체적}}{\text{저장탱크내용적}} \times 100$$

### 〈저장탱크에 충전된 부탄의 체적 계산〉

$$V = \frac{\text{액화가스질량}(kg) \times 1000}{\text{액화가스비중}} [l]$$

### 〈아세틸렌 용기 압력 기준〉

- ① 내압시험압력 = 최고충전압력 X 3배
- ② 기밀시험압력 = 최고충전압력 X 1.8배

### 〈저장능력 산정 기준식〉

#### (압축가스 용기 저장능력 산정식)

$$Q = (10P + 1) V_1$$

$Q$ : 저장능력 [m<sup>3</sup>]  $P$ : 최고충전압력 [Mpa]  
 $V$ : 내용적 [m<sup>3</sup>]

#### (압축가스 저장탱크 저장능력 산정식)

$$Q = 10PV$$

$Q$ : 저장능력 [m<sup>3</sup>]  $P$ : 최고충전압력 [Mpa]  
 $V$ : 내용적 [m<sup>3</sup>]

#### (액화가스 용기 저장능력 산정식)

$$G = \frac{V}{C}$$

$G$ : 액화가스질량 [kg]  $V$ : 내용적 [L]  
 $C$ : 상수

#### (액화가스 저장탱크 저장능력 산정식)

$$W = 0.9d V_2$$

$G$ : 저장능력 [kg]  $V$ : 내용적 [L]  
 $d$ : 액비중 [kg/L]

〈통풍구 면적(통풍 가능 면적)〉

$\text{통풍구 면적} = \text{바닥면적} (m^2) \times 300 (cm^2/m^2) [cm^2]$
<p><b>*환기구(통풍구) 크기는 바닥면적 1㎡마다 300cm<sup>2</sup>의 비율로 계산된 면적 이상을 확보하며, 1개소 면적은 2400cm<sup>2</sup> 이하로 한다.</b></p>

〈강제환기설비의 통풍 능력 계산〉

<p><b>*강제환기설비의 통풍능력은 바닥면적 1m<sup>2</sup>당 0.5m<sup>3</sup>/min 이상이어야 한다.</b></p>
$\text{통풍능력} = \text{바닥면적} \times 0.5 [m^3/\text{min}]$

〈저장탱크 상호간 유지거리〉

<p>① 지하 매설 : 1m 이상                  ② 지상설치 : 두 저장탱크 최대지름을 합산한 길이의 4분의 1 이상에 해당하는 거리                  (4분의 1이 1m 미만인 경우 1m 이상의 거리)</p>
$\therefore L = \frac{D_1 + D_2}{4}$

〈탱크에 침입하는 열량〉

$Q = G \times \gamma = \frac{4.8 \text{ kg} \times 50 \text{ kcal/kg}}{16 \text{ h}} [kcal/h]$
<p>시간당 침입한 열량은 액체산소 4.8kg이 기화되는데 필요한 열량과 같고, 기화하는데 16시간 소요되었으므로 기화에 필요한 전체열량을 16시간으로 나눠주면 된다.</p> <p>50kcal/kg : 증발잠열</p>

〈도시가스 사용량〉

$= \frac{\text{법적사용량} [m^3] \times \text{열량} [kcal/m^3]}{11000 [kcal/m^3]} [m^3]$
<p>열량 11000kcal/m<sup>3</sup> 고정값</p>

〈TNT 당량〉

$= \frac{\text{총 발생열량}}{\text{TNT방출에너지}} [kg]$
<p>총발생열량 = kg × 가스발열량[kcal/kg] × 폭발효율                  TNT방출에너지 = TNT연소열[kcal/kg]</p>

# 가스 계산문제 (제5과목-가스계측기기)

## 〈지시량-1〉

기준기로서 150m<sup>3</sup>/h로 측정된 유량은 기차가 4%인 가스미터를 사용하면 지시량은 몇 m<sup>3</sup>/h를 나타내는가?

가스미터의 기차를 측정하기 위하여 기준기로 지시량을 측정해보니 100m<sup>3</sup>를 나타내었다. 그 결과 기차가 3%로 계산되었다면 이 가스미터의 지시량은 몇 m<sup>3</sup>을 나타내고 있는가?

$$E = \frac{I - O}{I} = 1 - \frac{Q}{I} \text{에서 } \therefore I = \frac{Q}{1 - E} [m^3/h]$$

Q: 유량(지시량) [m<sup>3</sup>/h] 또는 [m<sup>3</sup>]  
E: 기차

I: 피시험미터의 지시량[L]  
O: 기준기의 지시량[L]

## 〈기차〉

가스미터의 검정에서 피시험미터의 지시량이 1m<sup>3</sup>이고 기준기의 지시량이 750L일 때 기차(器差)는 약 몇 %인가?

어떤 가스의 유량을 막식가스미터로 측정하였더니 65L이었다. 표준가스미터로 측정하였더니 71L이었다면 이 가스미터의 기차는 약 몇 %인가?

$$E = \frac{I - O}{I} \times 100$$

E: 기차  
I: 피시험미터의 지시량[L]  
O: 기준기의 지시량[L]  
(표준가스미터지시량)

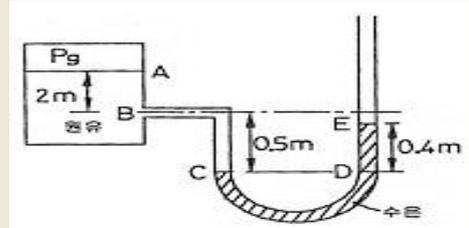
## 〈0°C 저항값 계산〉

$$R_o = \frac{R}{1 + \alpha t}$$

R: 저항 [Ω]  
α: 온도계수  
t: 온도 [°C]

## 〈마노미터 절대압〉

그림과 같이 원유 탱크에 원유가 채워져 있고, 원유 위의 가스압력을 측정하기 위하여 수은 마노미터를 연결하였다. 주어진 조건하에서 P<sub>g</sub>의 압력(절대압)은? (단, 수은, 원유의 밀도는 각각 13.6g/cm<sup>3</sup>, 0.86g/cm<sup>3</sup>, 중력가속도는 9.8m/s<sup>2</sup>이다.)



절대압력 = 대기압 + 게이지압력

$$P_g = P_o + (\gamma_2 \cdot h_2 - \gamma_1 \cdot h_1)$$

γ<sub>1</sub>: 원유      h<sub>1</sub>: 원유 높이  
γ<sub>2</sub>: 수은      h<sub>2</sub>: 수은 높이

## 〈마노미터 압력차〉

물이 흐르는 수평관의 2개소에 압력차를 측정하기 위하여 수은을 넣은 마노미터를 부착시켰더니 수은주의 높이차(h)가 600mm이었다. 이때의 차압(P<sub>1</sub>-P<sub>2</sub>)은 약 몇 kgf/cm<sup>2</sup>인가? (단, Hg의 비중은 13.6이다.)

$$\Delta P = P_1 - P_2 = (\gamma_s - \gamma_w) \cdot R [kgf/m^2]$$

γ<sub>s</sub>: 수은의 비중량[kgf/m<sup>3</sup>]  
γ<sub>w</sub>: 물의 비중량[kgf/m<sup>3</sup>]  
R: 수은주의 높이차[m]

## 〈마노미터 높이차〉

마노미터를 사용한 오리피스 유량계로 물이 흐르고 있는 관 속 두 지점의 압력차를 측정하니 5cmHg를 얻었다. 이 압력차를 물기둥의 높이차로 하면 약 몇 cm인가? (단, 수은의 비중은 13.6이다.)

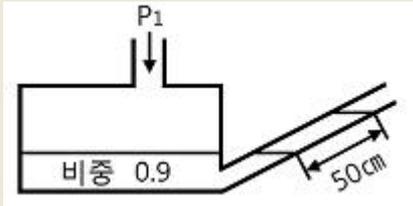
$$S_1 H_1 = S_2 H_2 \rightarrow H_2 = \frac{S_1 \times H_1}{S_2}$$

\* H<sub>2</sub> - 압력차

S<sub>1</sub>: 수은의 비중  
H<sub>1</sub>: 수은높이(두 지점의 압력차)[cmHg]  
S<sub>2</sub>: 물의 비중  
H<sub>2</sub>: 물의높이[cmH<sub>2</sub>O]

〈경사관식 압력계의 차압〉

경사각이 30°인 다음 그림과 같은 경사관식 압력계에서 차압은 약 얼마인가?



경사가(θ)이 30°인 경사관식 압력계의 눈금(X)을 읽었더니 60cm가 상승하였다. 이때 양단의 차압(P1-P2)은 약 몇 kgf/cm<sup>2</sup>인가? (단, 액체의 비중은 0.8인 기름이다.)

$$P = \gamma L \sin \theta \text{ [kgf/m}^2\text{]}$$

L : 경사마노미터의 눈금 [m]

〈공기의 증기 분압(수증기 분압)〉

실온 22°C, 습도 45%, 기압 765mmHg인 공기의 증기 분압(P<sub>w</sub>)은 약 몇 mmHg인가? (단, 공기의 가스상수는 29.27kg·m/kg·K, 22°C에서 포화 압력(P<sub>s</sub>)은 18.66mmHg이다.)

$$\phi(\text{습도}) = \frac{\text{수증기 분압 } P_w}{t[\text{°C}]\text{에서의 포화수증기압 } P_s} \text{ 에서}$$

$$P_w = \phi \times P_s$$

〈물탱크 한 쪽 벽면에 작용하는 전압력〉

물탱크의 크기가 높이 3m, 폭 2.5m일 때, 물탱크 한 쪽 벽면에 작용하는 전압력은 약 몇 kgf인가?

$$F = \gamma \cdot h \cdot A \text{ [kgf]}$$

$$= \gamma \cdot \left(h \times \frac{1}{2}\right) \cdot A$$

〈냉각 후의 압력〉

압력 30atm, 온도50°C, 부피 1m<sup>3</sup>의 질소를 -50°C로 냉각시켰더니 그 부피가 0.32m<sup>3</sup>이 되었다. 냉각 전, 후의 압축계수가 각각 1.001, 0.930일 때 냉각 후의 압력은 약 몇 atm이 되는가?

$$P_2 = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{P_1 V_1 T_2}{V_2 T_1}$$

**<피토관 유속>**

물속에 피토관을 설치하였더니 전압이 20mmH2O, 정압이 10mmH2O이었다. 이때의 유속은 약 몇 m/s인가?

$$V = C \sqrt{2g \frac{P_t - P_s}{\gamma}} \text{ [m/s]}$$

C: 피토관 계수(없으면 1)  
 P<sub>t</sub>: 전압  
 P<sub>s</sub>: 정압

\*전압 정압 단위 kgf/m<sup>2</sup>로 환산 할 것

**<풍속 계산>**

22°C의 1기압 공기(밀도 1.21kg/m<sup>3</sup>)가 덕트를 흐르고 있다. 피토관을 덕트 중심부에 설치하고 물을 봉액으로 한 U자관 마노미터의 눈금이 4.0cm이었다. 이 덕트중심부의 풍속은 약 몇 m/s인가?

$$V = \sqrt{2gh \times \frac{\rho_w - \rho}{\rho}} \text{ [m/s]}$$

**<운반기체의 유속>**

어떤 기체를 가스크로마토그래피로 분석하였더니 지속유량(Retention Volume)이 3mL이고, 지속시간(Retention Time)이 6min 이 되었다면 운반기체의 유속(mL/min)은?

$$\text{유속} = \frac{\text{지속유량}}{\text{지속시간}} \text{ [mL/min]}$$

**<통과유량>**

회전 드럼이 4실로 나누어진 습식가스미터에서 각 실의 체적이 2L이다.

드럼이 12회전하였다면 가스의 유량은 몇 L인가?

4개의 실로 나누어진 습식가스미터의 드럼이 10회전 했을때 통과유량이 100L 였다면 각 실의 용량은 얼마인가?

$$\text{통과유량} = \text{각실의용량} \times 4 \times \text{회전수}$$

**<유량 계산>**

내경 30cm인 어떤 관속에 내경 15cm인 오리피스를 설치하여 물의 유량을 측정하려 한다. 압력강하는 0.1kgf/cm<sup>2</sup>이고, 유량계수는 0.72일 때 물의 유량은 약 몇 m<sup>3</sup>/s인가?

**① 교축비 계산**

$$m = \frac{D_2^2}{D_1^2}$$

D<sub>1</sub>: 관의안지름  
 D<sub>2</sub>: 오리피스지름

**② 유량 계산**

$$Q = CA \sqrt{\frac{2g}{1-m^4} \times \frac{\Delta P}{\gamma}} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

C: 유량계수  
 A: 오리피스 단면적[m<sup>2</sup>]  
 m: 교축비  
 ΔP: 압력강하[kgf/m<sup>2</sup>]  
 γ: 물의 비중량 [1000kgf/m<sup>3</sup>]

**<지속용량>**

캐리어가스의 유량이 60mL/min이고, 기록지의 속도가 3cm/min일 때 어떤 성분시료를 주입하였더니 주입점에서 성분피크까지의 길이가 15cm이었다.

지속용량은 약 mL인가?

기체크로마토그래피(Gas Chromatography)에서 캐리어가스 유량이 5mL/s이고 기록지 속도가 3mm/s일 때 어떤 시료가스를 주입하니 지속용량이 250mL이었다. 이때 주입점에서 성분의 피크까지 거리는 약 몇 mm인가?

$$\text{지속용량} = \frac{\text{유량} \times \text{피크길이}}{\text{기록지속도}} \text{ [mL]}$$

〈차압식 유량계 유량〉

차압식 유량계로 유량을 측정하였더니 오리피스 전·후의 차압이 1936mmH<sub>2</sub>O일 때 유량은 22m<sup>3</sup>/h이었다. 차압이 1024mmH<sub>2</sub>O이면 유량은 얼마가 되는가?

차압식 오리피스 유량계에서 오리피스 전후의 압력차이가 처음보다 4배 만큼 커졌을 때 유량은 어떻게 변하는가? (단, 다른 조건은 모두 같으며 Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>는 각각 처음과 나중의 유량을 나타낸다.)

차압식 유량계로 유량을 측정하는 경우 교축기구 전후의 차압이 20.25Pa일 때 유량이 25m<sup>3</sup>/h 이었다. 차압이 10.50Pa일 때 유량은 약 몇 m<sup>3</sup>/h인가?

$$Q_2 = \sqrt{\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1}} \times Q_1$$

차압식 유량계에서 유량은 차압의 평방근에 비례

〈수증기의 kg수〉

온도 25°C, 전압 760mmHg인 공기 중의 수증기분압은 17.5mmHg이었다. 이 공기의 습도를 건조공기 kg당 수증기의 kg수로 나타낸 것은? (단, 공기 및 물의 분자량은 각각 29,18이다.)

$$X = 0.622 \times \frac{P_w}{760 - P_w} [kg \cdot H_2O / kg \cdot \text{건조공기}]$$

$P_w$  : 수증기 분압 [mmHg]

〈속도구배〉

속도분포식  $U = 4y^{2/3}$ 일 때 경계면에서 0.3m 지점의 속도 구배(S-I)는? (단, U와 y의 단위는 각각 m/s, m이다.)

$$\begin{aligned} \frac{du}{dy} &= 4 \times \frac{2}{3} (y^{\frac{2}{3}-1}) \\ &= 4 \times \frac{2}{3} (0.3^{\frac{2}{3}-1}) \\ &= 3.98s^{-1} \end{aligned}$$

〈피스톤무게〉

부유 피스톤 압력계로 측정한 압력이 20kg/cm<sup>2</sup>이었다. 이 압력계의 피스톤지름이 2cm, 실린더지름이 4cm일 때 추와 피스톤의 무게는 약 몇 kg인가?

\*kgf값으로 답 찾기

$$P = \frac{W + W'}{A} \text{ 에서}$$

$$W + W' = AP$$

A : 피스톤 단면적 [cm<sup>2</sup>]

P : 압력 [kgf/cm<sup>2</sup>]

〈질소의 조성〉

시료 50mL를 채취하였더니 흡수 피펫을 오과한 후 남은 시료 부피는 각각 CO<sub>2</sub> 40mL, O<sub>2</sub> 20mL, CO 17mL이었다. 이 가스 중 N<sub>2</sub>의 조성은?

$$\text{조성}(\%) = \frac{\text{전체시료량} - \text{체적감량}}{\text{시료 채취량}} \times 100$$

〈비중〉

추 무게가 공기와 액체 중에서 각각 5N, 3N이었다. 추가 밀어낸 액체의 체적이  $1.3 \times 10^{-4} m^3$ 일 때 액체의 비중은 약 얼마인가?

$$s = \frac{(5-3) \times \frac{1}{9.8}}{V} [kgf/L]$$

V: 체적 L로 환산  
(5-3)N을 kgf으로 환산

〈상대습도〉

실내공기의 온도는 15°C이고, 이 공기의 노점은 5°C로 측정되었다. 이 공기의 상대습도는 약 몇 %인가? (단, 5°C, 10°C 및 15°C의 포화수증기압은 각각 6.54mmHg, 9.21mmHg, 및 12.79mmHg이다.)

$$\Phi = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$

$P_w$ : 노점의 포화수증기압 [mmHg]  
 $P_s$ : 실내공기온도의 포화수증기압 [mmHg]

〈절대습도〉

습한 공기 205kg 중 수증기가 35kg 포함되어 있다고 할 때 절대습도(kg/kg)는? (단, 공기와 수증기의 분자량은 각각 29, 18로 한다.)

$$X = \frac{G_w}{G_a} = \frac{G_w}{G - G_w} [kg/kg]$$

$G_w$ : 수증기 [kg]  
G: 습한공기 [kg]

〈유수 상승 온도〉

유수형 열량계로 5L의 기체 연료를 연소시킬 때 냉각수량이 2500g이었다. 기체연료의 온도가 20°C, 전체압이 750mmHg, 발열량이 5437.6kcal/Nm<sup>3</sup>일 때 유수 상승온도는 약 몇 °C인가?

$$H_h = \frac{\text{냉각수량} \times \text{냉각수비열} \times \Delta t}{\text{시료량}} \text{에서}$$

$$\Delta t = \frac{\text{시료량} \times H_h}{\text{냉각수량} \times \text{냉각수비열}}$$

$H_h$ : 발열량 [kcal/Nm<sup>3</sup>]  
냉각수량: [kg] 냉각수비열: 1  
시료량 [m<sup>3</sup>]       $\Delta t$ : [°C]

〈R〉 〈노안의 온도 계산〉

0°C에서 저항이 120Ω이고 저항온도계수가 0.0025인 저항온도계를 어떤 로안에 삽입하였을 때 저항이 180Ω이 되었다면 로안의 온도는 약 몇 °C인가?

$$t = \frac{R - R_o}{R_o \alpha} [°C]$$

R: 온도계의 저항 [Ω]  
 $R_o$ : 0°C에서의 저항값 [Ω]  
 $\alpha$ : 온도계수  
t: 온도 [°C]

섭씨온도 25°C는 몇 °R인가?

$$\begin{aligned} {}^\circ R &= 1.8K \\ &= 1.8 \times (273 + 25) = 536.4 {}^\circ R \end{aligned}$$

<필요한 시간>

가스소비량이 1.3kg/h인 가스연소기로 13°C의 물 300L를 43°C로 상승시키는데 필요한 시간은? (단, 가스의 발열량은 12000kcal/kg이며 보일러의 열효율은 65%이다.)

$$\text{필요한 시간(분)} = \frac{\text{필요(소요)열량}}{\text{시간당 공급열량}} \times 60$$

$$\begin{aligned} \text{필요(소요)열량} \\ = \text{물}[L] \times 1 \times (\text{상승후온도} - \text{상승전온도}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{시간당공급열량} \\ = \text{가스소비량} \times \text{발열량} \times \text{효율} \\ \text{*단위 주의!} \end{aligned}$$

<단 높이>

머무른 시간이 407초, 길이 12.2m 컬럼에서의 띠너비를 바닥에서 측정하였을 때 13초이었다. 이때 단높이는 몇 mm인가?

관의 길이 250cm에서 벤젠의 가스크로마토그램을 재있더니 머무른 부피가 82.2mm, 봉우리의 폭(띠나비)이 9.2mm이었다. 이때 이론단수는?

어떤 시료 가스크로마토그램에서 성분 A의 체류시간(t)이 10분이고, 피크 폭이 10mm이었다. 이 경우 성분 A에 대한 HETP(Height Equivalent to a Theoretical Plate)는 약 몇 mm인가? (단, 분리관의 길이는 2m이고, 기록지의 속도는 10mm/min이다.)

① 이론 단수 계산

$$N = 16 \times \left( \frac{T_r}{W} \right)^2$$

$T_r$ : 머무른 시간[s]  
 $W$ : 컬럼에서의 띠너비를 바닥에서 측정한 시간[s]

$T_r$ : 체류시간[min] × 기록지속도[mm/min]  
 $W$ : 피크폭[mm]

$T_r$ : 머무른 부피[mm]  
 $W$ : 봉우리의 폭(띠나비)[mm]

② 이론 단 높이 계산

$$HETP = \frac{L}{N}$$

$L$ : 길이  
 $N$ : 단수