

화학공학에서 엑셀계산

반데르 발스 방정식

* 0이 아닌 크기와 서로의 상호작용이 있는 입자로 된 유체의 상태 방정식.
이상기체 상태 방정식의 변형으로 실제 유체의 행동을 근사적으로 나타낸다.

$$(P + a/v^2)(v - b) = RT$$
$$P = RT(v-b) - a/v^2$$

여기서 **P**는 유체의 압력이고, **V**는 유체의 부피이며, **T**는 유체의 절대 온도, **R**은 기체 상수이다. **a**와 **b**는 물질의 특성에 따라 다른 매개변수인데, **a**는 분자 사이의 상호작용의 세기를, **b**는 유체를 이루는 입자가 차지하는 부피를 나타낸다.

문제

Q) 주어진 변수 a,b를 통해 온도와 부피에 따른 압력의 변화 구하기.

$$a = 3.59 \text{ l}^2\text{atm/mole}^2$$

$$b = 0.0427 \text{ l/mole}$$

반데르발스방정식

T(K)	v(l/mole)	P(atm)	
264	0.05		$a = 3.59 \text{ l}^2\text{atm/mole}^2$
264	0.1		$b = 0.0427 \text{ l/mole}$
264	0.15		$(P + a/v^2)(v - b) = RT$
264	0.2		$P = RT(v - b) - a/v^2$
264	0.25		
264	0.3		
264	0.35		
264	0.4		
304	0.05		
304	0.1		
304	0.15		
304	0.2		
304	0.25		
304	0.3		
304	0.35		
304	0.4		
344	0.05		
344	0.1		
344	0.15		
344	0.2		
344	0.25		
344	0.3		
344	0.35		
344	0.4		

① A열에 주어진 온도 264, 304, 344(K)를 8행씩 입력

② B열에 부피를 0.05(V)씩 증가시키며 입력 (0.05~0.4)

반데르발스방정식

	T(K)	v(l/mole)	P(atm)
7	264	0.05	1531.3889
8	264	0.1	
9	264	0.15	
10	264	0.2	
11	264	0.25	
12	264	0.3	
13	264	0.35	
14	264	0.4	
15	304	0.05	
16	304	0.1	
17	304	0.15	
18	304	0.2	
19	304	0.25	
20	304	0.3	
21	304	0.35	
22	304	0.4	
23	344	0.05	
24	344	0.1	
25	344	0.15	
26	344	0.2	
27	344	0.25	
28	344	0.3	
29	344	0.35	
30	344	0.4	

$$=(8.314*A7)/(B7-0.0427)*(10^3)/101325-3.59/B7^2$$

- *(10^3)/101325 항은 단위환산 값 -

반데르발스방정식

T(K)	v(l/mole)	P(atm)
264	0.05	1531.3889
264	0.1	19.044316
264	0.15	42.326451
264	0.2	47.960994
264	0.25	47.055607
264	0.3	44.300537
264	0.35	41.185057
264	0.4	38.189254
304	0.05	1980.9933
304	0.1	76.323758
304	0.15	72.914634
304	0.2	68.826296
304	0.25	62.888275
304	0.3	57.056511
304	0.35	51.865538
304	0.4	47.375126
344	0.05	2430.5977
344	0.1	133.6032
344	0.15	103.50282
344	0.2	89.691598
344	0.25	78.720942
344	0.3	69.812484
344	0.35	62.54602
344	0.4	56.560998

$$a = 3.59 \text{ l}^2\text{atm/mole}^2$$

$$b = 0.0427 \text{ l/mole}$$

$$(P + a/v^2)(v - b) = RT$$

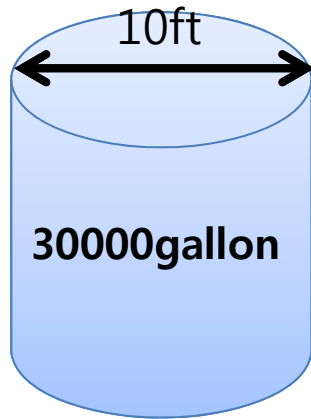
$$P = RT(v - b) - a/v^2$$

탱크내의 수위계산

10 ft의 지름 물탱크에 30000 gallon 의 물이 들어있다.

시간에 따른 물탱크 높이에 대한 table을 작성하여라.

물이 빠지는 속도는 각각 5, 10, 15 gpm이다.



물탱크의 높이 h

$$h = \text{—————}$$

$$h = \frac{30000 \text{ gal} \times \frac{3.785 \text{ l}}{\text{gal}} \times \frac{m^3}{1000 \text{ l}}}{(5 \text{ ft} \times \frac{0.3048 \text{ m}}{\text{ft}})^2 \times \pi} = \frac{113.55 \text{ m}^3}{7.2966 \text{ m}^2} = 1556 \text{ cm}$$

$$-\frac{dh}{dt} = \frac{\text{gal} \times \frac{3.785 \text{ l}}{\text{gal}} \times \frac{m^3}{1000 \text{ l}}}{(5 \text{ ft} \times \frac{0.3048 \text{ m}}{\text{ft}})^2 \times \pi \times 60 \text{ sec}} = 0.00086 \text{ cm / s}$$

, $h = 1556 \text{ cm} - 0.00086 * \text{flow rate} * \text{time(sec)}$

① B2, B3이었던 '이름상자'를 각각 a, b로 바꾼다.

a	f_x	-0.00086
b	f_x	1556

	A	B	height			
			flow rate(gpm)			
			time(sec)	5	10	15
1	y=ax+b					
2	a	-0.00086				
3	b	1556				
4						
5			0	1556.0	1556.0	1556.0
6			500	1553.9	1551.7	1549.6
7			1000	1551.7	1547.4	1543.1
8			1500	1549.6	1543.1	1536.7
9			2000	1547.4	1538.8	1530.2
10			2500	1545.3	1534.5	1523.8
11			3000	1543.1	1530.2	1517.3
12			3500	1541.0	1525.9	1510.9
13			4000	1538.8	1521.6	1504.4
14			4500	1536.7	1517.3	1498.0
15			5000	1534.5	1513.0	1491.5
16			5500	1532.4	1508.7	1485.1
17			6000	1530.2	1504.4	1478.6
18			6500	1528.1	1500.1	1472.2
19			7000	1525.9	1495.8	1465.7
20			7500	1523.8	1491.5	1459.3
21			8000	1521.6	1487.2	1452.8
22						

②

$$E6 = (a * \$E\$5 * C6) + b$$

$$F6 = (a * \$F\$5 * C6) + b$$

$$G6 = (a * \$G\$5 * C6) + b$$

액상 압력 강하(Liquid-phase pressure drop)

유체(액체)가 파이프 내를 흘러가면 압력강하(pressure drop)가 생긴다. 유체의 물성(밀도, 점도) 뿐만 아니라 마찰계수(friction factor)를 계산하여 전체 압력강하를 계산할 수 있다.

아래 예에서는 일정한 유량은 파이프 지름이 변하게 되는 경우 전체 압력강하를 psi단위로 보면

$$f = \{-2 \log[(\eta/D)/3.7 - 5.02 \log[(\eta/D)/3.7 + 14.5/Re]]\}^{-2}$$
$$dP = \{2 f L V^2 \text{den}\}/D \quad <1 \text{ lb}_f = 32.174 \text{ lb-ft/sec}^2>$$

	A	B	C	D	E	F
1	Liquid-phase pressure drop					
2						
3	Pipe diameter	(in)	3	4	5	10
4	Flow rate	(lb/hr)	100,000	100,000	100,000	100,000
5	Specific gravity	(-)	1	1	1	1
6	Viscosity	(cP)	1	1	1	1
7	Equivalent length	(ft)	1000	1000	1000	1000
8	Roughness	(in)	0.0018	0.0018	0.0018	0.0018
9						
10	Velocity	(ft/sec)	9.057046	5.094588	3.260537	0.815134
11	Reynolds No.	(-)	210356.8	157767.6	126214.1	63107.03
12	Friction factor	(-)	0.020961	0.021294	0.021838	0.02493
13						
14	Pressure drop	(psi)	184.5505	44.4918	14.95142	0.533372
15						

Velocity : $C10 = C4 / C5 / 62.48 / (((C3 / 12) / 2)^2 * \pi) / 3600$

Reynolds No. : $C11 = (C10 * C3 * C5) / C6 * 100 * 12 * (2.54)^2$

Friction factor :

$C12 = (-2 * \log((C8 / C3) / 3.7 - (5.02 / C11) * \log(C8 / C3 / 3.7 * 14.5 / C11)))^{-2}$

Pressure drop : $C14 = (2 * C12 * C7 * C10^2 * C6) / C3 * 0.161$

단위변환 pressure drop

$$\begin{aligned}
 & \text{psi} \\
 & \frac{\text{ft}^3 \text{g}}{\text{s}^2 \text{cm}^3 \text{inch}} = \frac{\text{ft}^3 \text{g}}{\text{s}^2 \text{cm}^3 \left(\frac{0.394 \text{ in}}{\text{cm}}\right)^3 \text{inch}} = \frac{\text{ft}^3 \text{g}}{\text{s}^2 0.0612 \text{inch}^4} \\
 & \frac{\text{ft}^3 \text{g}}{\text{s}^2 0.0612 \text{inch}^4 * \left(\frac{\text{ft}}{12 \text{inch}}\right)^2} = \frac{\text{ft g}}{\text{s}^2 0.000425 \text{inch}^2} = \frac{2352.94 \text{ ft g}}{\text{s}^2 \text{inch}^2} \\
 & = \frac{2352.94 \text{g} * \frac{0.002205 \text{lb}}{\text{g}} \text{ft}}{\text{s}^2 \text{inch}^2} = \frac{5.188 \text{ lb ft}}{\text{s}^2 \text{inch}^2} * \frac{1}{32.174 \text{ ft lb/s}^2} = 0.16 \text{ lbf/in}^2
 \end{aligned}$$

단일변수의 table 작성

x를 단일변수로 하여 S와 y의 변화를 나타내기 위하여 '데이터 표'의 기능을 사용하기로 한다.

$$S=W(L-x)/Z, x<L$$

$$y=Wx^2(3L-x)/(6EI) \quad (x \leq L)$$

$$y=Wx^2(3x-L)/(6EI) \quad (x > L)$$

Z	70.7	L	120
I	426	W	15000
E	2.90E+07		

SUM										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	데이터 표 작성									
2										
3		x	S	y						
4			25459.69	$/(6*E*I)$						
5		0								
6		12			L		120			
7		24			W		15000			
8		36			Z		70.7			
9		48			I		426			
10		60			E		2.90E+07			
11		72								
12		84								
13		96								
14		108								
15		120								
16		132								
17		144								
18										

$$S = W(L-x)/Z, \quad x < L$$

$$y = Wx^2(3L-x)/(6EI) \quad (x \leq L)$$

$$y = Wx^2(3x-L)/(6EI) \quad (x > L)$$

