

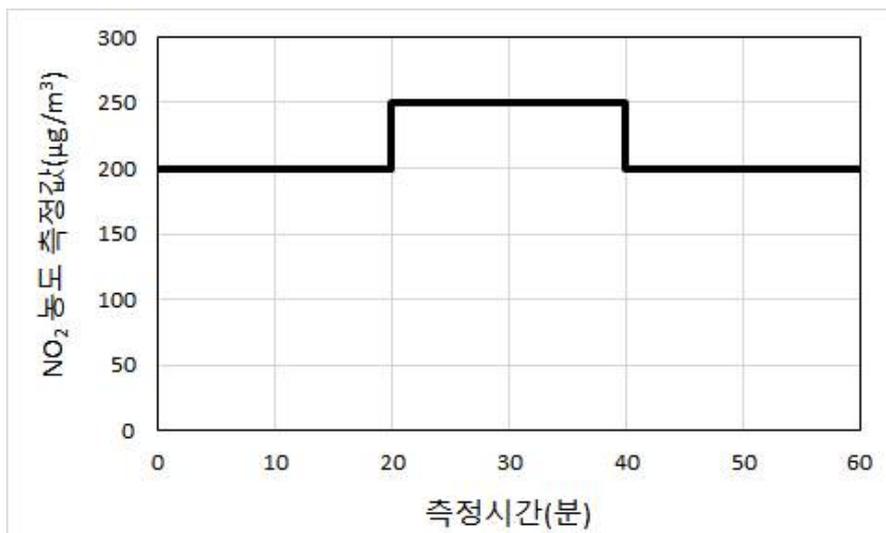
## 과제 #4 - Solutions

제출일시: 11/23 23:59

\* 과제는 여러분들의 자가학습을 위한 것으로, 정답을 기준으로 채점하지 않고 본인이 직접 문제를 해결했는지 여부로 평가합니다. 문제풀이를 한 노력이 보이면 감점은 전혀 없습니다. 답안 작성을 하지 않았을 경우 해당 문제를 0점, 한 문제라도 다른 이의 답안을 그대로 활용한 것이 분명한 경우 해당 과제 전체를 0점 처리합니다.

1. 어느 겨울날 관악 캠퍼스의  $\text{NO}_2$  농도를 1시간 동안 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 측정 시간 중 기온이  $2^\circ\text{C}$ , 기압이 1 atm이었다고 할 때, 측정한 관악 캠퍼스의  $\text{NO}_2$  농도가 우리나라 대기환경기준을 초과하는지 여부를 판별하시오.

Hint: 우리나라 대기환경기준은 환경정책기본법 시행령에서 찾을 수 있음.



(10점)

답)

$\text{NO}_2$  농도의 1시간 평균값은

$$\frac{20 \text{ min} \cdot 200 \mu\text{g}/\text{m}^3 + 20 \text{ min} \cdot 250 \mu\text{g}/\text{m}^3 + 20 \text{ min} \cdot 200 \mu\text{g}/\text{m}^3}{60 \text{ min}} = 217 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

우리나라  $\text{NO}_2$  대기환경기준은 0.10 ppm임.

$$\frac{\mu g_i}{m_{air}^3} = ppm_i \times MW_i \times \frac{P}{RT} = 0.10 \text{ ppm} \cdot 46 \text{ g/mole} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{8.21 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{atm/mole} \cdot \text{K} \cdot 275 \text{ K}}$$

$$= 204 \mu\text{g/m}^3$$

따라서, 대기환경기준을 초과함.

2. 굴뚝으로부터 어떤 대기오염물질이 10 g/s의 속도로 배출되고 있다. 이 오염물질에 대하여 total reflection이 성립한다고 가정하고, 굴뚝 및 대기의 조건이 다음과 같을 때, 물음에 답하시오.

(다음)

Stack parameters:

Physical height = 75.0 m

Diameter = 1.5 m

Exit velocity = 12 m/s

Temperature = 300°C

Atmospheric conditions:

Stability class = C

Temperature = 25°C

Pressure = 100 kPa

Wind speed = 3.5 m/s

- 1) 위 조건에서의 effective stack height를 구하시오. (7점)

답)

$$\Delta H = \frac{v_s d}{u} \left[ 1.5 + \left( 2.68 \times 10^{-2} \cdot P \cdot \left( \frac{T_s - T_a}{T_s} \right) \cdot d \right) \right]$$

$$= \frac{12 \text{ m/s} \cdot 1.5 \text{ m}}{3.5 \text{ m/s}} \left[ 1.5 + \left( 2.68 \times 10^{-2} \cdot 100 \text{ kPa} \cdot \left( \frac{573 \text{ K} - 298 \text{ K}}{573 \text{ K}} \right) \cdot 1.50 \text{ m} \right) \right]$$

$$= 17.6 \text{ m}$$

$$H = h + \Delta H = 75.0 + 17.6 = 92.6 \text{ m}$$

- 2) 굴뚝에서 바람 방향으로 2 km 떨어진 지점 지표에서의 오염물질 농도를 구하시오. (13점)

답)

Stability class C,  $x > 1 \text{ km}$ 일 때,

$$a = 104 \quad c = 61, \quad d = 0.911 \quad f = 0$$

$$\sigma_y = ax^{0.894} = 104 \cdot 2^{0.894} = 193.3 \text{ m}$$

$$\sigma_z = cx^d + f = 61 \cdot 2^{0.911} + 0 = 114.7 \text{ m}$$

Total reflection 조건일 때 지표에서의 오염물질 농도는

$$C = \left( \frac{E}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \right) \left[ \exp\left( \frac{-y^2}{2\sigma_y^2} \right) \right] \left[ \exp\left( \frac{-H^2}{2\sigma_z^2} \right) \right]$$

여기서,  $y = 0$ 이므로(바람방향),

$$C = \left( \frac{E}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \right) \left[ \exp\left( \frac{-H^2}{2\sigma_z^2} \right) \right]$$

$$= \left( \frac{1000 \text{ g/s}}{\pi \cdot 3.5 \text{ m/s} \cdot 193.3 \text{ m} \cdot 114.7 \text{ m}} \right) \left[ \exp\left(-\frac{(92.6 \text{ m})^2}{2(114.7 \text{ m})^2}\right) \right]$$

$$= 2.96 \times 10^{-5} \text{ g/m}^3 = 29.6 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

3) 이 굴뚝의 바람방향으로 1 km부터 3 km 지점까지 거리에 따른 지표 오염물질 농도를 도시하시오. 가장 농도가 높은 지점은 어디이며, 여기서의 농도는 얼마인가? (15점)

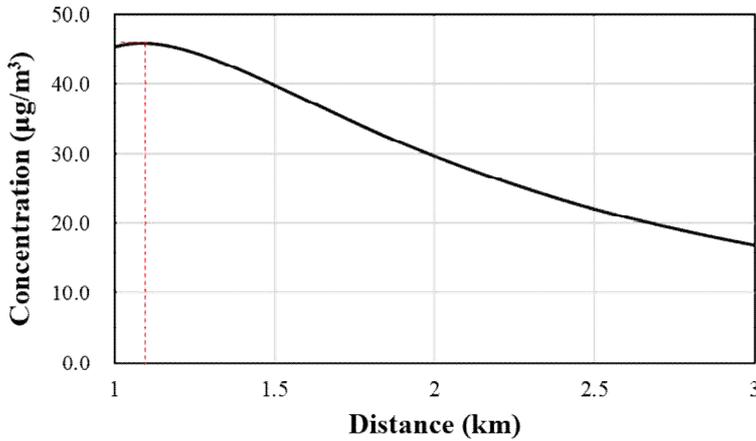
답)

$\sigma_y$ ,  $\sigma_z$ 는 거리의 함수이고 바람방향 지표 오염물질 농도에 대한 식에서 나머지 값은 상수이므로, 엑셀(함수이용) 등을 통하여 거리 별 농도를 구하고(예를 들어 0.01 km 간격으로..), 이를 그래프로 도시할 수 있다.

<계산용 엑셀 스프레드시트의 예>

	A	B	C	D	E	F
1	distance (km)	$\sigma_y$	$\sigma_z$	C (in $\text{g/m}^3$ )	C (in $\mu\text{g/m}^3$ )	
2	1	104	61	4.53E-05	45.3	
3	1.01	104.92927	61.555464	4.54E-05	45.4	
4	1.02	105.85756	62.110438	4.55E-05	45.5	
5	1.03	106.78489	62.664928	4.56E-05	45.6	
6	1.04	107.71127	63.21894	4.57E-05	45.7	
7	1.05	108.6367	63.772477	4.57E-05	45.7	
8	1.06	109.5612	64.325546	4.58E-05	45.8	
9	1.07	110.48478	64.87815	4.58E-05	45.8	
10	1.08	111.40744	65.430295	4.58E-05	45.8	
11	1.09	112.32919	65.981985	4.58E-05	45.8	
12	1.1	113.25005	66.533224	4.58E-05	45.8	
13	1.11	114.17002	67.084018	4.58E-05	45.8	
14	1.12	115.08912	67.634371	4.58E-05	45.8	
15	1.13	116.00734	68.184286	4.57E-05	45.7	
16	1.14	116.9247	68.733768	4.57E-05	45.7	
17	1.15	117.84121	69.282822	4.56E-05	45.6	
18	1.16	118.75688	69.831451	4.55E-05	45.5	
19	1.17	119.67171	70.379658	4.54E-05	45.4	
20	1.18	120.58571	70.92745	4.53E-05	45.3	
21	1.19	121.49889	71.474828	4.52E-05	45.2	
22	1.2	122.41126	72.021797	4.51E-05	45.1	
23	1.21	123.32282	72.56836	4.50E-05	45.0	
24	1.22	124.23359	73.114521	4.49E-05	44.9	
25	1.23	125.14356	73.660284	4.48E-05	44.8	
26	1.24	126.05275	74.205653	4.46E-05	44.6	
27	1.25	126.96116	74.75063	4.45E-05	44.5	
28	1.26	127.86881	75.295219	4.43E-05	44.3	
29	1.27	128.77568	75.839424	4.42E-05	44.2	
30	1.28	129.68181	76.383247	4.40E-05	44.0	
31	1.29	130.58718	76.926693	4.39E-05	43.9	
32	1.3	131.49181	77.469763	4.37E-05	43.7	
33	1.31	132.3957	78.012462	4.35E-05	43.5	
34	1.32	133.29886	78.554793	4.34E-05	43.4	

<그래프 예>



위의 그래프를 활용하거나 거리 별로 계산한 값을 검토하면,  
바람방향으로 1.09 km에서 45.8 µg/m<sup>3</sup>

- 음식물쓰레기 종량제 시행 이후 음식물쓰레기의 자원화를 통한 재활용률 및 발생량 저감 측면에서는 어느 정도의 성과를 거두었으나, 거리 및 주거지역 위생, 시민의 위생 및 편의성의 측면에서는 상당한 부정적인 측면도 지적되고 있다. 이러한 문제의 해결을 위하여 환경부에서는 최근 가정 주방용 오물분쇄기(디스포저) 사용을 조건부로 허용하였다. 환경부 고시 제2017-13호와 관련 뉴스기사, 칼럼 등을 참조하여 주방용 오물분쇄기의 사용승인 조건과 실제 적용상의 문제점을 조사하여 기술하시오. (15점)

답)

환경부 고시 제2017-13호 제5조 1항 2호에 따라 “음식물찌꺼기가 고형물 무게 기준으로 80%이상 회수되거나 20%미만으로 배출”되어야 하며, 여기서 고형물 회수율과 배출율은 동 고시 제8조 1항에 따른 표준시료를 제조하여 제8조 2항에 따라 30분 간격으로 연속3회 시험 하되, 이 중 2, 3차 시험한 값의 산술평균으로 구한다. 고형물 회수율과 배출율 산정식은 다음과 같다.

$$1. \text{ 고형물 회수율(\%)} = \frac{\text{회수된 고형물 무게}}{\text{투입된 음식물찌꺼기의 고형물 무게}} \times 100$$

$$2. \text{ 고형물 배출율(\%)} = \frac{\text{배출수에 포함된 고형물 무게}}{\text{투입된 음식물찌꺼기의 고형물 무게}} \times 100$$

실질적으로 고형물 회수율 80% 이상, 배출율 20%를 달성하기는 매우 어려움. 특히 미생물 발효방식으로 달성하기는 기술적으로 상당히 어려우며, 오랜 시간이 소요되고 악취 등의 불편이 발생함. 스크린 등을 활용하여 고형물을 장치 내에 회수하여 보관하는 장치의 경우에는 사용자의 위생, 불편 등 측면에서 개선점이 거의 발생하지 않음. 따라서 제품 사용허가를 받은 후 장치의 불법 개조를 통하여 실제로는 고형물을 거의 전량 하수구로 흘러보내는 사례가 자주 발생하고 있음. 이에 따라 하수도관 내 고형물 축적으로 하수도관 막힘 현상, 역류 현상 등의 문제가 발생하기도 함

4. 런던협약(London Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter)에 대해 다음 사항을 포함하여 소개하시오.

- 1) 협약의 목적
- 2) 협약의 경과(협약의 개정, 채택 및 발효, 우리나라의 가입 및 발효 등)
- 3) 협약의 주요내용

(10점)

답)

- 런던협약은 폐기물의 해양투기를 규제하여 이로부터 발생하는 해양오염을 방지하기 위한 국제협약임
- 1972년 런던에서 체결되어 1975년에 발효되었으며 이 당시 15개국이 비준하였음. 이후 1978, 1980, 1989, 1993년도의 개정을 거쳐 1996년도에 1972년도 협약 내용의 전면적 개정 및 강화가 이루어짐. 우리나라는 1972년 버전의 협약에 1993년에 가입, 1994년에 협약의 발효가 이루어졌으며, 1996년 버전에는 2009년 1월 가입, 2009년 2월 발표하였음
- 이 협약은 폐기물의 범주를 셋으로 구분하고 있는데, 부속서(Annex) I에 열거된 폐기물은 유독성이 가장 강한 물질로서 해양투기가 절대적으로 금지되고(black list), 부속서 II에 열거된 물질은 사전 특별허가를 요하며(grey list), 부속서 I, II에 포함되지 않는 물질은 사전에 일반허가를 받아 해양투기가 허용됨(white list, 부속서 III)

5. 최근 20년 내에 부지정화사업이 이루어진 우리나라 오염부지 중 하나를 선택하여 1) 오염의 원인, 2) 주요 오염물질, 3) 적용된 정화기법을 소개하시오. (15점)

6. 락 페스티벌에 12시간동안 진을 치고 줄을 선 끝에 맨 앞자리에 앉아 공연을 관람하였다. 그런데 좌석 바로 앞에 앰프가 있어 소리가 너무 큰 나머지 공연을 즐길 수 없음을 깨달았다. 앰프는 당신의 전방 2 m 앞에 위치해 있었으며 소리를 측정해 보았더니 sound pressure level로 100 dB이 나왔다. 관리자에게 불편을 호소했더니 앰프를 당신 전방 4 m까지 물릴 수 있다고 하였다. 또한, 객석 맨 끝으로 가는 방법도 있었는데, 이 경우 앰프로부터 100 m 떨어지게 된다. 당신이 락 페스티벌을 즐겁게 즐길 수 있는 소리범위가 60~90 dB이라고 할 때, 위 두 방법 중 어느 방법을 선택하겠는가? (10점)

답)

앰프는 소리의 point source이므로 다음의 식을 적용:

$$L_{p2} = L_{p1} - 10 \log_{10} \left( \frac{r_2}{r_1} \right)^2$$

i) 앰프를 뒤로 물려 4 m 떨어지게 할 경우

$$L_{p2} = 100 \text{ dB} - 10 \log_{10} \left( \frac{4 \text{ m}}{2 \text{ m}} \right)^2 = 94.0 \text{ dB}$$

ii) 객석 맨 끝으로 가 앰프로부터 100 m 떨어질 경우

$$L_{p2} = 100 \text{ dB} - 10 \log_{10} \left( \frac{100 \text{ m}}{2 \text{ m}} \right)^2 = 66.0 \text{ dB}$$

오랫동안 줄을 선 것이 아쉽기는 하지만, 소리만으로 판단하였을 때는 객석 맨 끝으로 가는 게 합리적인 방법임.

7. 앱스토어에서 무료로 다운받을 수 있는 소음측정기를 이용하여 생활 속 소음을 한 번 측정해 봅시다. 본인이 측정한 소음 중 최고값을 스크린 캡처하여 제출하고, 그 소음의 발생원과 측정을 통한 간단한 소회를 기술하시오. (15점)