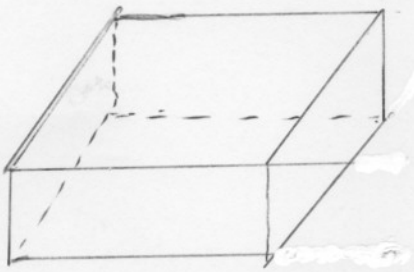
اصول حفاظت محیط زیست — تکلیف سری اول

مسئله ۱-



موازنه جرم: input rate = out put rate + Decay rate + Accumulation rate

input rate = 10 Kg/s ورودی به کارخانه

$$\text{output rate} = (4\ m/s)(10^8\ m^2)(C_p\ Kg/m^3) = 4\times10^8\ C_p\ Kg/s$$

$$\text{decay rate} = KCV = (0.2\ 1/h)\left(\frac{1h}{3600\ s}\right)\left(C_p\ \frac{Kg}{m^3}\right)(10^{13}\ m^3) = 5.56\times10^8 C_p\ \frac{Kg}{s}$$

$$\therefore \quad 10 = 4\times10^8\ C_p + 5.56\times10^8\ C_p + 0$$

$$\rightarrow C_p = 1.046\times10^{-8}\ Kg/m^3 = 0.0105\ mg/m^3$$

تبدیل واحدها: $1\ PPm\ (\text{by volume}) = \frac{1\ \text{volume of gaseous pollutant}}{10^6\ \text{volume of air}}$

$$mg/m^3 = PPm \times \frac{1\ m^3\ \text{pollutant}/10^6\ m^3\ \text{air}}{PPm} \times \frac{M_{wp}\ (g/mol)}{22.4\times10^{-3}\ m^3/mol} \times 10^3\ (mg/g)$$

$$mg/m^3 = \frac{PPm \times M_{wp}}{22.4} \quad (\text{at } ^\circ C \text{ and } 1\ atm)$$

$$mg/m^3 = \frac{PPm \times M_{wp}}{22.4} \times \frac{273}{T(K)} \times \frac{P(atm)}{1\ atm}$$

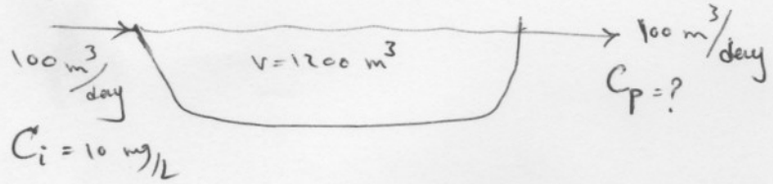
حل مسئله: $C_p = 0.0105\ mg/m^3$ — $C_p(mg/m^3) = \frac{PPm \times Mwp}{22.4} \times \frac{273}{298}$

25°C
1 atm

$$\rightarrow C_p(PPm) = \frac{0.0105 \times 22.4 \times 298}{Mwp \times 273} = \frac{0.257}{Mwp}$$

تکلیف سری اول

سوال ۲:



الف) با فرض اختلاط کامل و $k=0$

$C_i = 10\ mg/L$

$$input = (100\ \tfrac{m^3}{day})(10\ \tfrac{mg}{L})(\tfrac{1000L}{1m^3}) = 10^6\ mg/day$$

$$output = (100\ \tfrac{m^3}{day})(C_p\ \tfrac{mg}{L})(\tfrac{1000L}{m^3}) = 10^5 C_p\ mg/day$$

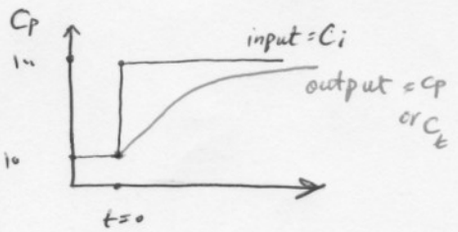
$$decay = KCV = 0$$

$$accumulation = 0$$ مدت طولانی در حالت پایا

$$\rightarrow 10^6 = 10^5 C_p + 0 + 0 \rightarrow \underline{C_p = 10\ mg/L}$$ غلظت آلاینده خروجی

*) اثر زمان بر غلظت جریان ورودی

at $t=0$ $\quad C_i = 100\ mg/L$



ابتدا با فرض گذشت زمان بینهایت ازاین متغیر مقدار C_∞ محاسبه میشود:

at $t=\infty$: $input = output + decay + accumulate$

$$10^7 = 10^5 C_\infty + 0 + 0 \rightarrow C_\infty = 100\ mg/L$$

در حالت پایا: $C_{(t)} = C_\infty + (C_0 - C_\infty)\, e^{(-K + \frac{Q}{V}t)}$

$$C_{(t)} = 100 + (10-90)\, e^{(0 + \frac{100}{1200}t)}$$

$$C_t = 100 - 90\ exp(\tfrac{t}{12}) \rightarrow \begin{cases} t=2 & C_t = 23.8\ mg/L \\ t=7 & C_t = 49.8\ mg/L \end{cases}$$

محاسبه زمان مورد نیاز برای رسیدن غلظت خروجی به ۹۰٪ مقدار ورودی:

$t=? \rightarrow C_t = 0.9 C_i = 90\ mg/L$

$$C_t = 100 - 90\ exp(t/12) \rightarrow 90 = 100 - 90\ exp(t/12) \rightarrow \underline{t = 26.4\ day}$$

تکلیف سری اول

مسئله ۲. ب در این حالت آلاینده دارای ثابت زوال $K=0.2/day$ می باشد.

ابتدا در حالت پایا:

$input = output + decay + accum.$

$input = 10^6 \ mg/day \quad ; \quad accum = 0$

$decay = KCV = (0.2/day)(C_p \ \frac{mg}{L})(1200 \ m^3 \times \frac{1000L}{m^3}) = 2.4\times10^5 C_p \ mg/day$

$output = 10^5 C_p \ mg/L$

$10^6 = 10^5 C_p + 2.4\times10^5 C_p + 0 \longrightarrow C_p = 2.94 \ mg/L$

*) اثر گام‌های غلظت ورودی:

ابتدا با رفتن گذشت زمان ∞ مقدار غلظت خروجی C_∞ محاسبه می‌شود:

$input = 10^7 \ mg/day$

$output = 10^5 C_\infty \ mg/day \rightarrow 10^7 = 10^5 C_\infty + 2.4\times10^5 C_\infty + 0$

$decay = 2.4\times10^5 C_\infty \rightarrow C_\infty = 29.41$

$accum. = 0$

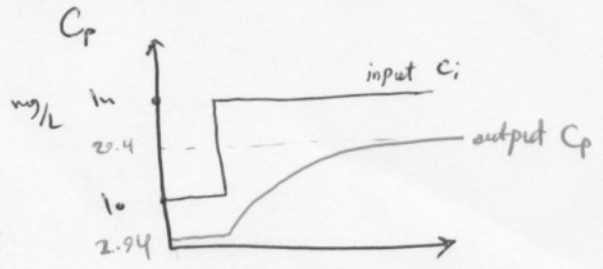
در حالت ناپایا $C_t = C_\infty + (C_0 - C_\infty) e^{(-R+\frac{Q}{V}t)}$

$C_t = 29.4 + (2.94 - 29.41) e^{(-0.2+0.083)t}$

$C_t = 29.4 - 26.47 \exp(-0.283t)$

at $t = 2$ day $\quad C_t = 14.37 \ mg/L$

at $t = 7$ day $\quad C_t = 25.8 \ mg/L$



تکلیف سری اول

مسئله ۳

$$PbCO_{3(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+} + CO_3^{2-}$$
$$1-x \qquad x \qquad x$$

$$K_{sp} = 1.5 \times 10^{-13}$$

$$K_{sp} = [Pb^{2+}][CO_3^{2-}]$$

$$\rightarrow K_{sp} = (x)(x)$$

$$\rightarrow x^2 = 1.5 \times 10^{-13} \rightarrow x = 3.87 \times 10^{-7} \ \frac{mol}{L}$$

حلالیت، مقدار ماده کربنات سرب که در آب حل می‌شود. طبق استوکیومتری واکنش انحلال روبرو به ازاء هر x مول از کربنات سرب مقدار $1x$ از Pb^{2+} و مقدار $1x$ از CO_3^{2-} تولید می‌شود. لذا حلالیت برابر غلظت هریک از یون‌های Pb^{2+} یا CO_3^{2-} در محلول در حال با کربنات سرب جامد است. هر مقدار دیگر جامد $PbCO_3$ به محلول اضافه شود، دیگر بیشتر از مقدار x به ثبت آمده حل نخواهد شد.

میزان حلالیت $= Solubility = [Pb^{2+}] = [CO_3^{2-}] = 3.87 \times 10^{-7} \ \frac{mol}{L} \ PbCO_3$

$$Solubility = 3.87 \times 10^{-7} \frac{mol}{L} \times \frac{267 g}{mol} \times \frac{1000 mg}{1 g} = 0.104 \ mg/L \ PbCO_3$$

قسمت ب

در صورتی که یون کربنات حاصل از انحلال در آب با آب واکنش داده و یون بی کربنات بدهد.

(I) $PbCO_{3(s)} \rightleftharpoons Pb^{2+} + CO_3^{2-}$ $\quad K_{sp} = [Pb^{2+}][CO_3^{2-}] = 1.5 \times 10^{-13}$

(II) $CO_3^{2-} + H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + OH^-$

(III) $HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$

مقدار غلظت $[Pb^{2+}]$ یا نگر میزان حلالیت جامد مورد نظر می‌باشد.

$H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+ \quad K_{a1} = 5.012 \times 10^{-7}$

$HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H^+ \quad K_{a2} = 5.012 \times 10^{-11}$

$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$

II: $\frac{[HCO_3^-][OH^-]}{[CO_3^{2-}]} = \frac{10^{-14}}{5.012 \times 10^{-11}} = 1.995 \times 10^{-4}$

III: $\frac{[H_2CO_3][OH^-]}{[HCO_3^-]} = \frac{10^{-14}}{5.012 \times 10^{-7}} = 1.995 \times 10^{-8}$

I: $[CO_3^{2-}] = \frac{1.5 \times 10^{-13}}{[Pb^{2+}]}$

I, II: $[HCO_3^-] = 1.995 \times 10^{-4} \times \frac{[CO_3^{2-}]}{[OH^-]} = \frac{2.993 \times 10^{-13}}{[OH^-][Pb^{2+}]}$

از ترکیب I و II: $[H_2CO_3] = \frac{5.97 \times 10^{-21}}{[OH^-]^2[Pb^{2+}]}$; $[H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]}$

تکلیف سری اول

مسئله ۴

$[CO_2]_g = 275\ ppm$

$T = 25\,^\circ C$

$P = 1\ atm$

بمنظور حل این مسئله، علاوه بر روابط ریاضی برمبنای ثابت‌های تعادل شیمیایی، باید از رابطه توازن بار الکتریکی نیز استفاده شود.

آب باران بدون هیچ بار الکتریکی در ابتدا شروع به واکنش می‌کند و اضافه شدن وجود CO_2 هوا هیچگونه افزایشی در بار الکتریکی خالص آن ایجاد نمی‌کند. لذا تمام بار مثبت ناشی از وجود H^+ برابر تمام بار منفی ناشی از حضور آنیون‌های دیگر می‌باشد.

$$[H^+] = [HCO_3^-] + [OH^-] + 2[CO_3^{2-}]$$

بواسطه اینکه هریون CO_3^{2-} دارای ۲ بار منفی است، ضریب ۲ استفاده شده است.

(I) $[CO_2]_{aq} = K_H \cdot P_{CO_2} = 0.034 \frac{mol}{L.atm} \times 275 \times 10^{-6}\ atm = 9.35 \times 10^{-6}\ mol/L$

(II) $CO_{2\,aq} + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ $\qquad K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[CO_2]_{aq}} = 4.47 \times 10^{-7}\ mol/L$

(III) $HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$ $\qquad K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = 4.68 \times 10^{-11}\ mol/L$

اگر مقدار pH بالا باشد، نسبت $\frac{CO_3^{2-}}{HCO_3^-}$ خیلی کوچک ولذا غلظت CO_3^{2-} در مقایسه با HCO_3^- قابل صرفنظر است.

از رابطه III: $\frac{[CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = \frac{K_2}{[H^+]} = 4.68 \times 10^{(pH-11)}$

در نتیجه $\rightarrow [H^+] \cong [HCO_3^-] + [OH^-]$

از طرفی $[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14} \rightarrow [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H^+]}$

لذا $\rightarrow [H^+] = \frac{K_1[CO_{2\,aq}]}{[H^+]} + \frac{10^{-14}}{[H^+]} = \frac{K_1[CO_{2\,aq}] + 10^{-14}}{[H^+]}$

$$\rightarrow [H^+]^2 = K_1[CO_{2\,aq}] + 10^{-14} = (4.47 \times 10^{-7})(9.35 \times 10^{-6}) + 10^{-14} \Rightarrow$$

$$[H^+]^2 = 4.18 \times 10^{-12} \rightarrow [H^+] = 2.05 \times 10^{-6}$$

$$pH = -\log[H^+] = -\log(2.05 \times 10^{-6}) \rightarrow pH = 5.69$$

به همین ترتیب برای $600\ ppm$ محاسبه می‌شود:

$[CO_2]_g = 600\ ppm \rightarrow$ pH آب باران $= 5.52$

تکلیف سری اول

مسئله ۵

$$PCB_g \rightleftharpoons PCB_{aq}$$

$$K_H = \frac{[PCB]_{aq}}{[PCB]_g} = 10 \ \frac{mol}{L.atm}$$

$$K_H = 10 \ \frac{mol}{L.atm} \times 0.0820 \frac{L.atm}{mol.K} \times 298K = 244.5$$

$$[PCB]_{aq} = 244.5 \times [PCB]_g$$

با این فرض که غلظت PCB در هوا را به عنوان غلظت تعادلی با فاز مایع در نظر بگیریم، غلظت تعادلی PCB در فاز مایع برابر می‌شود با:

$$[PCB]_{aq} = 244.5 \times 300 \ \frac{Pmol}{m^3} \times \frac{1m^3}{1000L}$$

$$[PCB]_{aq} = 73.4 \ \frac{Pmol}{L}$$

غلظت واقعی PCB در هوا برابر $100 \frac{Pmol}{L}$ می‌باشد و لذا PCB از طرف هوا به طرف فاز مایع حرکت و تمایل به انتقال دارد.