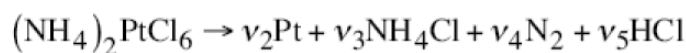


پاسخ تمرین های تکمیلی فصل اول

1- پلاتین را در ماشین ها , سلول ها سوختی Fuel Cells, و رآکتور های صنعتی به کار میبرند تا عدد اکتان بنزین را افزایش دهند. فلز پلاتین را از تجزیه $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$ به مواد HClPt , NH_4Cl , N_2 , بدست می آورند. معادله این واکنش شیمیایی را نوشته و موازنه نمایید.

ضریب استوکیومتری $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6$ را به عنوان **Basis** یا پایه برابر یک فرض میکنیم:



$$\text{Pt: } v_2 = 1$$

$$\text{N: } v_3 + 2v_4 = 2$$

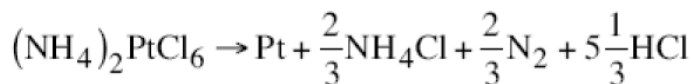
$$\text{H: } 4v_3 + v_5 = 8$$

$$\text{Cl: } v_3 + v_5 = 6$$

با حل معادلات فوق خواهیم داشت:

$$v_3 = \frac{2}{3}, v_5 = 5\frac{1}{3}, v_4 = \frac{2}{3}$$

پس معادله موازنه شده واکنش به صورت زیر خواهد بود:



2- یک گرم مول N_2 و 3 گرم مول H_2 لازم است تا 2 گرم مول NH_3 تولید کنیم. برای تولید یک میلیون پوند آمونیاک , چند پوند N_2 و چند پوند H_2 نیاز داریم؟

با در نظر گرفتن **Conversion Factors** یا ضرایب تبدیل مناسب خواهیم داشت:

$$\left(10^9 \text{ lb NH}_3\right) \left(\frac{1 \text{ lbmol NH}_3}{17 \text{ lb NH}_3}\right) \left(\frac{1 \text{ lbmol N}_2}{2 \text{ lbmol NH}_3}\right) \left(\frac{28 \text{ lb N}_2}{1 \text{ lbmol N}_2}\right) = 820 \text{ million lbs N}_2$$

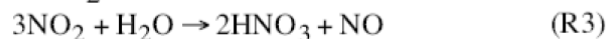
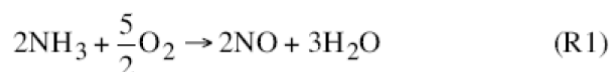
$$\left(10^9 \text{ lb NH}_3\right) \left(\frac{1 \text{ lbmol NH}_3}{17 \text{ lb NH}_3}\right) \left(\frac{3 \text{ lbmol H}_2}{2 \text{ lbmol NH}_3}\right) \left(\frac{2 \text{ lb H}_2}{1 \text{ lbmol H}_2}\right) = 180 \text{ million lbs H}_2$$

3- اسید نیتریک یک ماده شیمیایی بسیار مهم است که از آمونیاک تولید میشود. در این فرآیند سه واکنش رخ میدهد. در واکنش اول آمونیاک با اکسیژن واکنش میدهد تا اکسید نیترات NO و آب تولید شود. دو واکنش دوم NO با اکسیژن ترکیب میشود تا دی اکسید نیتروژن NO_2 حاصل شود. و در آخرین مرحله NO_2 را به داخل آب پمپاژ میکنند تا اسید نیتریک HNO_3 و NO بدست آید.

سه معادله شیمیایی را برای سه واکنش ذکر شده نوشته و موازنه نمایید.

سپس این سه معادله را به گونه ای موازنه نمایید که در کل فرآیند مقدار مجموع تولید و مصرف NO و NO_2 برابر صفر گردد.

معادلات واکنش شده عبارتند از:



جدول تولید و مصرف به صورت زیر می باشد:

Compound	R1	R2	R3	net
NH_3	-2			-2
O_2	-5/2	-1/2		-3
NO	+2	-1	+1	+2
H_2O	+3		-1	+2
NO_2		+1	-3	-2
HNO_3			+2	+2

همانگونه که مشاهده میکنید، این سری واکنش ها بصورت مطلوب ما موازنه نشده اند چون در کل فرآیند NO تولید شده است ($\text{net NO} = +2$) و NO_2 مصرف شده است. ($\text{net NO}_2 = -2$)

پس ضرایب X را در معادلات ضرب میکنیم. برای آنکه $\text{Net NO} = 0$ شود باید:

$$2\chi_1 - \chi_2 + \chi_3 = 0$$

$$\chi_2 - 3\chi_3 = 0$$

و برای آنکه $\text{Net NO}_2 = 0$ شود باید:

فراموش نکنید که شماره X با شماره واکنش یکی است! X2 در ضرایب استوکیومتری واکنش 2

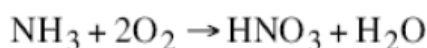
ضرب میشود و الی آخر... با انتخاب: $\chi_1 = 1$

خواهیم داشت: $\chi_3 = 1$ $\chi_2 = 3$

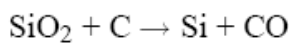
بنابراین جدول جدید تولید و مصرف به صورت زیر خواهد بود:

Compound	R1	R2	R3	net
NH ₃	-2			-2
O ₂	-5/2	-3/2		-4
NO	+2	-3	+1	
H ₂ O	+3		-1	+2
NO ₂		+3	-3	
HNO ₃			+2	+2

به راحتی معادله شیمیایی کل فرآیند مورد نظرمون به صورت زیر در می آید:



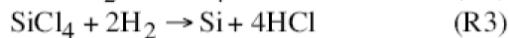
4- سیلیکات با خلوص بالا را در ساختن نیمه رساناها استفاده میکنند. مواد اولیه تولید سیلیکات بسار ارزانند! شن SiO₂ و زغال سنگ C. معادله موازنه نشده واکنش تولید آن به صورت زیر است:



سیلیکات حاصل از این روش به اندازه کافی خاص است تا برای ساختن پلیمرها و یا ترکیب با دیگر فلزها استفاده گردد. ولی برای کاربردهای الکتریکی به اندازه کافی خاص و مناسب نیست! برای خلوص بیشتر آن سیلیکات خام مرحله قبل را با کلر Cl₂ را وارد واکنش میکنند تا SiCl₄ حاصل شود. سپس SiCl₄ را با هیدروژن کاهش میدهند تا Si و HCl تولید شود.

معادلات شیمیایی مربوط به تولید سیلیکات با درجه خلوص بالا را نوشته و موازنه نمایید. جدول آنالیز تولید و مصرف را کامل نمایید و محاسبه کنید که چه مقدار (چند گرم) SiO₂ و دیگر مواد اولیه را احتیاج داریم تا 100 گرم سیلیکات با درجه خلوص بالا تولید نماییم؟ چه میزان محصولات جانبی تولید میشود؟ اقتصاد اتم این فرآیند را محاسبه نمایید.

معادلات موازنه شده بصورت زیرند:



جدول آنالیز تولید و مصرف را تهیه می کنیم:

Compound	v_1	v_2	v_3	v_{net}	M_i	$v_i M_i$	Grams (SF = 3.57)
SiO ₂	-1			-1	60	-60	-214
C	-2			-2	12	-24	-86
Si	+1	-1	+1	+1	28	+28	+100
CO	+2			+2	28	+56	+200
Cl ₂		-2		-2	71	-142	-507
SiCl ₄		+1	-1		170		
H ₂			-2	-2	2	-4	-14
HCl			+4	+4	36.5	+146	+521
sum							0

مقدار مواد واکنش دهنده مورد نیاز و همچنین مقدار محصولات جانبی به ازای 100 گرم سیلیکات ، در ستون آخر محاسبه شده است. SF ضریب قیاس است ! و در اینجا از روی مقیاس تولید سیلیکات بدست می آید:

$$\text{SF} = 100 \text{ gr} / 28 \text{ gr} = 3.57$$

SF را در ستون یکی مانده به آخر ضرب میکنیم تا ستون آخر بدست آید!
اقتصاد اتم نیز این چنین محاسبه می شود:

$$28 / (60 + 24 + 142 + 4) = 0.12$$

5- یک واحد تولید "هگزا متیلن دی آمین" در حال طراحی شدن است! این ماده با فرمول $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ را با نماد اختصاری HMD نمایش میدهند و برای تولید نایلون 6-6 استفاده میشود.

در اولین قدم، فاطمی خانم ، شیمیست آزمایشگاه شرکت! بعد از کلی تحقیق و آزمایش به این نتیجه رسیده که 2 راه برای تولید این ماده وجود دارد:

راه اول: بوتادین (C_4H_6) را با سیانید هیدروژن HCN ترکیب کنیم تا آدیپونی تریل یا $(NC(CH_2)_4CN)$ بدست آید. سپس آدیپونیل تریل را با هیدروژن وارد واکنش میکنیم تا HMD حاصل شود.

راه دوم: نیتراکریل (CH_2CHCN) را با هیدروژن وارد واکنش میکنیم تا آدیپونی تری بدست آید. سپس آدیپونیل تریل را با هیدروژن وارد واکنش میکنیم تا HMD حاصل شود.

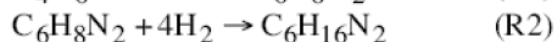
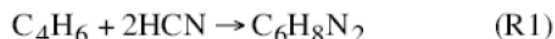
حالا شما به عنوان مهندس مشاور باید بگویید کدام یک از دو راه را باید انتخاب کنیم تا روزانه 116000 پوند HMD تولید شود. شما فاکتورهای آلودگی محیط زیست و همچنین ایمنی را در پایان در نظر خواهید گرفت. ولی ابتدا از لحاظ اقتصادی این مسئله را بررسی کنید و سپس بگویید کدام روش مقرون به صرفه است!

راهنمایی ویژه: یک مهندس در مسائل کاری نمیگوید: هر چه فاطمی خانم بگن همون توبه!

جدول زیر قیمت مواد مختلف را بیان میکند.

Compound	Formula	Cost, \$/lb
Butadiene	C_4H_6	0.21
Hydrogen cyanide	HCN	0.93
Hydrogen	H_2	0.09
Acrylonitrile	CH_2CHCN	0.65
Adiponitrile	$NC(CH_2)_4CN$	n/a
Hexamethylenediamine	$H_2N(CH_2)_6NH_2$	n/a

در روش پیشنهاد شده اول توسط فاطمی خانم واکنش های موازنه شده به صورت زیرند:

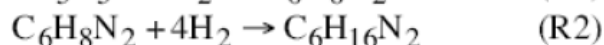
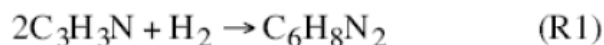


ارزیاب اقتصادی تولید 116000 پوند HMD در روز در جدول زیر خلاصه شده است:

compound	v_1	v_2	v_{net}	M_i	$v_{net} M_i$	Lb (SF = 1000)	\$/lb	\$
C_4H_6	-1		-1	54	-54	-54000	0.21	-11,340
HCN	-2		-2	27	-54	-54000	0.93	-50,220
$C_6H_8N_2$	+1	-1						
H_2		-4	-4	2	-8	-8000	0.09	-720
$C_6H_{16}N_2$		+1	+1	116	+116	+116,000		
sum						0		-62,280

در این روش هزینه مواد اولیه \$ 62,280 در روز خواهد بود.

و اما در روش دوم:



compound	v_1	v_2	v_{net}	M_i	$v_{net} M_i$	Lb (SF = 1000)	\$/lb	\$
C_3H_3N	-2		-2	53	-106	-106000	0.65	-68,900
$C_6H_8N_2$	+1	-1						
H_2	-1	-4	-5	2	-10	-10000	0.09	-900
$C_6H_{16}N_2$		+1	+1	116	+116	+116,000		
sum						0		-69,800

در این روش هزینه مواد اولیه \$ 69,800 در روز خواهد بود.

اگر شما تا اینجا ی مسئله را به درستی حل کرده اید! آفرین! درس را درست یاد گرفته اید! ولی دلیل نمی شود که مهندس شده اید! هنوز باید انتخاب کنید که کدام روش بهتر است!

با یک نگاه واضح است که در روش دوم قیمت مواد اولیه تقریباً 10٪ بیشتر از مواد اولیه به کار رفته در روش اول است! خیلی ساده است!

سوال : کدام روش را انتخاب میکنیم؟ پاسخ: روش اول (سود بیشتر)

توضیح: به نظر شما چرا این پاسخ صحیح نیست!!!!!!؟؟؟؟؟؟

اگر از دیدگاه ایمنی به این 2 روش نگاه کنیم , متوجه حضور HCN در روش اول و عدم حضور آن در روش دوم میشوید که باعث ایمنی بالاتر در روش دوم شده است! خطرات استفاده از HCN آنقدر زیاد است که 10٪ اختلاف قیمت را توجیه نمیکند! پس برای حفظ جان و سلامتی کارکنان از خیر 10٪ قیمت اضافی میگذریم و روش دوم را انتخاب میکنیم! هرچند گران تر است!

HCN را در آینده در همین سایت به طور دقیق معرفی خواهم کرد! ولی فعلا بدانید:

- *HCN* را عراق در جنگ با ایران به عنوان سلاح شیمیایی به کار برد. این آخرین بار و اولین بار استفاده از این نوع بمب بود!
- گاز *HCN* را اولین بار نازی ها , در اعدام های دسته جمعی در اتاق های گاز به کار بردند.
- همچنین به گزارش خبرگزاری "*Time*" در سال 2003 , القاعده قصد حمله ی شیمیایی با *HCN* به متروی زیر زمینی نیویورک را داشته است !! ولی به دیلایل نامعلومی این حرکت انجام نشد!!

شما به عنوان مهندس شیمی مسئولیت های زیادی دارید!
باید اطلاعات گسترده ای داشته باشید ...
تنها راه حل ... مطالعه است!!! به کتب درسی اکتفا نکنید ...

اگر در این 5 سوال مشکلی داشتید با من تماس بگیرید.
s.shariati@gmail.com

تهیه کننده: صبا معتمد شریعتی

IrChe.com
Iranian Chemical Engineers Website