بخش ۲

بازده،گرمای سوختن و کاربرد قانون اول ترمودینامیک

۱- تصفیه‌خانه فاضلاب جنوب تهران واقع در شهرری، بزرگترین تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب در خاورمیانه بوده و برای تصفیه‌ی بخشی از فاضلاب تهران در ۸ واحد پیش بینی شده است. نوع فرآیند تصفیه از نوع لجن فعال و فرایند تصفیه‌ی بی‌هوازی همراه با حذف نیتروژن است. پساب تصفیه شده، آبیاری زمین‌های کشاورزی دشت ورامین را تامین خواهد کرد. این تصفیه‌خانه به‌دلیل تولید بیوگاز از شرایط بی‌هوازی و جلوگیری از انتشار آن به‌عنوان گاز گلخانه‌ای در اجرای پروژه‌ی بین‌المللی و ارزآور **مکانیسم توسعه پاک**، فعال می باشد. از گاز متان حاصل برای تولید برق و گرم کردن تصفیه‌خانه استفاده می‌شود.

در این روش تصفیه‌ی فاضلاب، ابتدا لجن در شرایط بی‌هوازی قرار گرفته و بیش‌تر مواد آلی پیچیده‌ی موجود در آن به ترکیب‌های آلی ساده مانند استیک‌اسید تبدیل می‌شود سپس مواد آلی ساده‌ی تولید شده در مرحله‌ی قبل به گاز متان تبدیل می شود.

$$CH_3COOH \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

آ) هرگاه به ازای هر متر مکعب از فاضلاب ورودی به تصفیه‌خانه، مقدار ۱۲ کیلوگرم استیک اسید تولید شود، از تجزیه این مقدار اسید چند متر مکعب گاز متان با چگالی ۰/۶۶ گرم بر لیتر به‌دست خواهد آمد؟ (بازده درصدی واکنش را ۷۵ درصد فرض کنید).

ب) گرمای سوختن مولی متان ۸۹۰ کیلوژول بر مول بوده و روزانه ۲۰۰۰۰ متر مکعب فاضلاب تصفیه می‌شود. اگر ۳۰ درصد متان تولیدی برای سوختن مورد استفاده قرارگیرد، در این تصفیه‌خانه چند کیلو ژول گرما در روز از سوختن متان تولید می‌شود؟

پ) اگر گرمای حاصل از مرحله‌ی ب در یک سامانه‌ی بسته صرف انجام ۷×۱۰^{۸} کیلوژول کار شود، تغییر انرژی درونی سامانه را بر حسب کیلوژول محاسبه کنید.

(فرزانه بلوری/ شهرستانهای استان تهران/ ناحیه ۲ شهرری)

پاسخ : **آ)ابتدا مقدار نظری متان را به‌دست می‌آوریم:**

$$m3\,CH4 = 12kgCH3COOH \times \frac{1000g}{1kg} \times \frac{1molCH3COOH}{60g} \times \frac{1molCH4}{1molCH3COOH} \times \frac{16gCH4}{1molCH4} \times \frac{1LCH4}{0.66g} \times \frac{1m3}{1000L} = \mathbf{4.84m3}$$

سپس با استفاده از بازده درصدی مقدار عملی را محاسبه می‌کنیم:

$$\mathbf{75} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\mathbf{4.84}} \times \mathbf{100} \rightarrow \text{مقدار عملی} = \mathbf{3.63m3}$$

ب)

$$?kJ = 20000m3 \times \frac{3/63m3CH4}{1m3} \times \frac{1000L}{1m3} \times \frac{0/66gCH4}{1L} \times \frac{1mol}{16gCH4} \times \frac{890kJ}{1mol} = 799598250kJ$$

پ)

$$\Delta E = w + q = -700000000kJ + 799598250kJ = 99598250kJ$$

گرمای واکنش

۲- میگو یکی از محصولات پر ارزش خلیج فارس و دریای عمان و از لذیذترین غذاهای دریایی است. مصرف ۱۰۰g میگو که حاوی انواع ویتامین‌ها، پروتئین، هیدرات‌های‌کربن و چربی‌ها است، حدود ۹۹ کالری انرژی تولید می‌کند. اگر فردی ۱۰ g میگو مصرف نماید چند ژول انرژی به شخص خواهد رسید ؟

(سکینه میرشکاری/ استان بوشهر/ شهربوشهر)

1cal = 4/2 J

ذره	$\Delta H_{تشکیل}$ ($kJ.mol^{-1}$)
Cl	۲۹
ClO	۳۳
O	۶۰
O_2	۰
O_3	**۳۴**

پاسخ :

$$?\,kJ = 10g \times \frac{99cal}{100g} \times \frac{4/2J}{1cal} = 41/58J$$

محاسبه آنتالپی واکنش ΔH

۳-کلروفلوئوروکربن‌ها مانند دی‌کلروفلوئوروکربن(CCl_2F_2)به عنوان سردکننده مصرف می‌شوند، زیرا دراثر تبخیر گرمای زیادی جذب می کنند. با ورود به هواکره، پیوند C–Cl در اثر تابش ماوراء بنفش شکسته می‌شود. اتم کلرآزاد شده درواکنش دو مرحله‌ای زیر اوزون را تخریب می‌کند.

آ) با استفاده از داده های از جدول ،ΔH هریک ازاین مراحل پیشرفت را محاسبه کنید.

ب)واکنش کلی که از مجموع این دو واکنش به‌دست می‌آید را نوشته ΔH و آن رامحاسبه کنید.

1) $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$

2) $ClO + O \rightarrow Cl + O_2$

(مسعود راستیانی منش/ کهگیلویه وبویراحمد/ بویراحمد/یاسوج)

پاسخ :

آ)

$\Delta H_{۱} = \{\Delta H_{ClO} + \Delta H_{O2}\} - \{\Delta H_{Cl} + \Delta H_{O3}\} = \{۳۳+0\} - \{۲۹+۳۴\} = -۳۰$ kJ. mol^{-1}

$\Delta H_{۲} = \{\Delta H_{Cl} + \Delta H_{O2}\} - \{\Delta H_{ClO} + \Delta H_{O}\} = \{۲۹+۰\} - \{۳۳+۶۰\} = -۶۴$ kJ. mol^{-1}

ب)

$Cl + O_3 + O \rightarrow Cl + 2O_2$

$\Delta H_{واکنش} = \Delta H_{۱} + \Delta H_{۲} = (-۳۰) + (-۶۴) = -۹۴$ kJ. mol^{-1}

آنتروپی و تعیین جهت پیشرفت واکنش‌های شیمیایی

۴- لکه‌ی خون و قهوه را می‌توان به وسیله آب اکسیژنه پاک نمود، محلول غلیظ H_2O_2 به عنوان یک اکسیدکننده برای سوخت موشک‌ها همچنین در برخی از خمیر دندان‌ها به عنوان سفید کننده به کار می‌رود. با این که تشکیل ΔH° آن منفی است چرا تمایل دارد به آب و گاز اکسیژن تجزیه شود؟

$\Delta H^\circ_{تشکیل}\ H_2O_{(2)}(l) = -188\,kJ.mol^{-1}$

$\Delta H^\circ_{تشکیل}\ H_2O(l) = -286\,kJ.mol^{-1}$

بی‌بی هاشم‌پور- منا مجتهدی/ تهران/ منطقه ۱۱

پاسخ :

دلیل اول:

$$H_2O_2\ (l) \longrightarrow H_2O(l)\ + \frac{1}{2}O_2\,(g)$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}} H_2O\ +\ \tfrac{1}{2}\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}\ O_2] - [\Delta H^\circ_{\text{تشکیل}}\ \ H_2O_2]$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [-286+0] - [-188] = -98\,kJ$$ واکنش گرماده

دلیل دوم: از طرفی این واکنش با افزایش آنتروپی همراه است چون در فراورده مول گازی وجود دارد.

نتیجه: در واکنش‌هایی که $\Delta H<0$ و $\Delta S>0$ خود به خود می‌باشند.

آنتروپی

۵- امروزه در برخی کشورها اتانول به عنوان یک سوخت اصلی و منبع تمیز انرژی در خودروها به‌کار می‌رود و می‌توان آن را از غلات و نیشکر به‌دست آورد. واکنش سوختن اتانول را در سیلندری با پیستون روان در نظر بگیرید و به پرسش‌ها پاسخ دهید.

$$C_2H_5OH(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(g)$$

آ) علامت کار انجام شده را با نوشتن دلیل مشخص کنید.

ب) نمودار تغییر آنتالپی را برای آن رسم کنید.

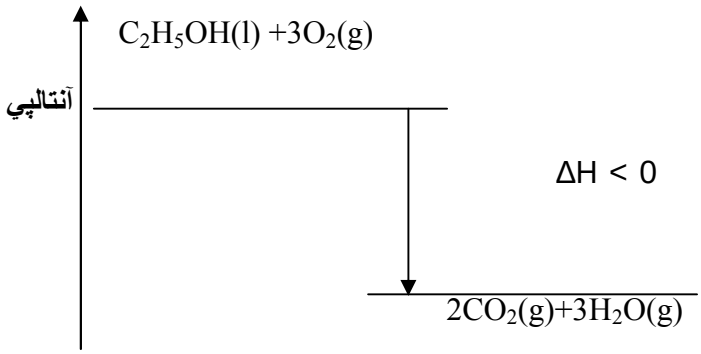
پ) علامت هر یک از کمیت های ΔS و ΔH را در این فرایند با دلیل مشخص کنید.

نیره حسنخانی/تهران/۱۹تهران

پاسخ :

آ) $w > 0$ زیرا تعداد مول‌های گازی افزایش یافته است (حجم فراورده‌ها بیش‌تر از واکنش‌دهنده‌ها و $\Delta V > 0$) . این افزایش حجم سبب می‌شود پیستون به سمت بالا حرکت کرده و روی محیط کار انجام دهد .

ب)



پ) $\Delta S > 0$ زیرا تعداد مول‌های گازی افزایش یافته و $\Delta H < 0$ زیرا واکنش گرماده است.