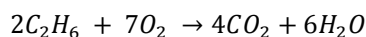


استوکیومتری: بخشی از شیمی است که با نسبت مقدار عنصرها در ترکیب ها و نیز ارتباط کمی بین مقادیر مواد شرکت کننده در واکنش های شیمیایی سرو کار دارد.

الف) روابط مولی - مولی

مثال: طبق واکنش زیر برای تولید 0.2 مول کربن دی اکسید به چند مول اتان نیاز است؟

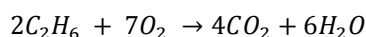


مول خواسته شده → مول داده شده

$$0.2 \text{ mol } CO_2 \times \frac{2 \text{ mol } C_2H_6}{4 \text{ mol } CO_2} = 0.1 \text{ mol } C_2H_6$$

ب) روابط مولی - جرمی:

مثال: طبق واکنش زیر از واکنش ۰/۲ مول اتان چند گرم آب تولید می شود؟ ($1 \text{ mol } H_2O = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

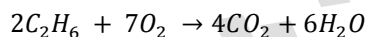


جرم خواسته شده → مول خواسته شده → مول داده شده

$$0.2 \text{ mol } C_2H_6 \times \frac{6 \text{ mol } H_2O}{2 \text{ mol } C_2H_6} \times \frac{18 \text{ gr } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 10.8 \text{ gr } H_2O$$

ج) روابط جرمی - مولی:

مثال: طبق واکنش زیر از واکنش ۱۵ گرم اتان چند مول کربن دی اکسید تولید میشود؟ ($1 \text{ mol } C_2H_6 = 30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

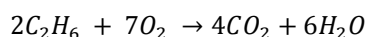


مول خواسته شده → مول داده شده → جرم داده شده

$$15 \text{ g } C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30 \text{ gr } C_2H_6} \times \frac{4 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_2H_6} = 1 \text{ mol } CO_2$$

د) روابط جرمی - جرمی:

مثال: طبق واکنش زیر از واکنش ۶۰ گرم اتان چند گرم کربن دی اکسید تولید میشود؟ ($1 \text{ mol } C_2H_6 = 30 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, 1 \text{ mol } CO_2 = 44 \text{ g}$)



جرم خواسته شده → مول خواسته شده → مول داده شده → جرم داده شده

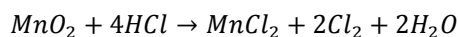
$$60 \text{ gr } C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30 \text{ gr } C_2H_6} \times \frac{4 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_2H_6} \times \frac{44 \text{ g } CO_2}{1 \text{ mol } CO_2} = 176 \text{ g } CO_2$$

درصد خلوص مواد:

$$\text{جرم خالص} = \frac{\text{جرم ناخالص}}{\text{جرم خالص}} \times 100$$

مثال: ۲۵ گرم MnO_2 با درصد خلوص ۸۵٪ با مقدار اضافی محلول HCl واکنش داده است. چند گرم مولکول آب تولید می شود؟

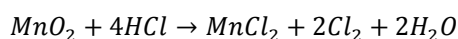
$$(MnO_2 = 86.9 \text{ g.mol}^{-1})$$



جرم خواسته شده → مول خواسته شده → مول داده شده → جرم خالص داده شده → جرم ناخالص داده شده

$$25 \text{ g ip } MnO_2 \times \frac{85 \text{ p}}{100 \text{ ip}} \times \frac{1 \text{ mol } MnO_2}{86.9 \text{ g } MnO_2} \times \frac{2 \text{ mol } H_2O}{1 \text{ mol } MnO_2} \times \frac{18 \text{ g } H_2O}{1 \text{ mol } H_2O} = 8.8 \text{ g } H_2O$$

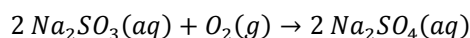
مثال: طبق واکنش زیر برای تهیه ۲۰ گرم گاز کلر به چند گرم نمونه MnO_2 با خلوص ۹۰٪ نیاز است. ($MnO_2 = 86.9$, $Cl_2 = 70.9$: $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$)



جرم ناخالص خواسته شده → جرم خواسته شده → مول خواسته شده → مول داده شده → جرم خالص داده شده

$$20 \text{ gr } Cl_2 \times \frac{1 \text{ mol } Cl_2}{70.9 \text{ gr } Cl_2} \times \frac{1 \text{ mol } MnO_2}{1 \text{ mol } Cl_2} \times \frac{86.9 \text{ gr p } MnO_2}{1 \text{ mol } MnO_2} \times \frac{100 \text{ gr ip } MnO_2}{90 \text{ gr p } MnO_2} = 27.23 \text{ gr ip } MnO_2$$

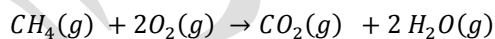
تمرین: با توجه به واکنش زیر برای مصرف کامل ۳۸.۰۹ گرم اکسیژن به چند گرم سدیم سولفیت (Na_2SO_3) ناخالص با درصد خلوص ۷۵ درصد نیاز است. ($Na_2SO_3 = 126.05$, $O_2 = 32$: $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$)



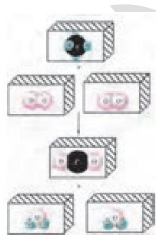
روابط حجمی گازها

قانون نسبت های ترکیبی: در دما و فشار ثابت، گازها در نسبت های حجمی معینی با هم واکنش می دهند.

برای مثال واکنش سوختن کامل متان را در نظر بگیرید:



اگر همه مواد شرکت کننده در واکنش به حالت گازی و در فشار و دمای یکسانی قرار داشته باشند، می توان گفت که یک حجم گاز CH_4 با دو حجم گاز O_2 واکنش می دهد و یک حجم گاز CO_2 و دو حجم گاز H_2O تشکیل می شود. (شکل روبرو)



قانون آووگادرو: در دما و فشار ثابت، یک مول از گازهای مختلف حجم ثابت و برابری دارند.

نکته: یک مول گاز در فشار ۱ atm (760 mmHg) و در دمای $0^\circ C$ (273 K) که شرایط استاندارد (STP) نامیده می شود، برابر ۲۲.۴ لیتر اشغال می کند. این مقدار را حجم مولی گازها در شرایط استاندارد می نامند. در شکل زیر حجم مولی چند گاز در شرایط استاندارد نشان داده شده است.



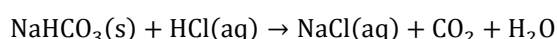
مثال: از تجزیه کامل ۳۰ گرم پتاسیم نیترات چند لیتر گاز اکسیژن در شرایط STP تولید می شود. ($KNO_3 = 101.11 \frac{g}{mol}$)



$$30g KNO_3 \times \frac{1mol KNO_3}{101.11g KNO_3} \times \frac{1mol O_2}{2mol KNO_3} \times \frac{22.4 Lit}{1mol O_2} = 3.23 Lit O_2$$

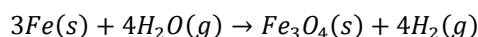
مثال: طبق واکنش زیر در شرایط استاندارد برای تولید ۰.۲ لیتر گاز کربن دی اکسید به چند گرم جوش شیرین نیاز است.

$$(NaHCO_3 = 83.96 \frac{g}{mol})$$



$$0.2 Lit CO_2 \times \frac{1mol CO_2}{22.4 Lit CO_2} \times \frac{1mol NaHCO_3}{1mol CO_2} \times \frac{83.96 g NaHCO_3}{1mol NaHCO_3} = 0.749 g NaHCO_3$$

تمرین: از واکنش ۱۴.۱۶ گرم آهن با مقدار اضافی آب چند لیتر هیدروژن در شرایط استاندارد به دست می آید؟ ($Fe = 55.85 \frac{g}{mol}$)



نکته: اگر واکنش در شرایط استاندارد انجام نشود در روابط حجمی گازها از چگالی استفاده می کنیم.

$$\text{چگالی} = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}} \left(\frac{gr}{Lit} \right)$$

مثال: طبق واکنش زیر از تجزیه کامل ۴/۵ گرم پتاسیم نیترات خالص چند لیتر گاز اکسیژن تولید می شود؟ (چگالی گاز اکسیژن در شرایط واکنش

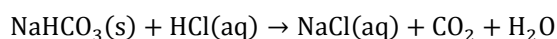
$$\text{برابر } 1.25g \cdot Lit^{-1} \text{ می باشد.}) (KNO_3 = 101.11 \frac{g}{mol})$$



$$4.5gr KNO_3 \times \frac{1mol KNO_3}{101.11gr KNO_3} \times \frac{1mol O_2}{2mol KNO_3} \times \frac{32g O_2}{1mol O_2} \times \frac{Lit}{1.25g O_2} = 0.57 Lit O_2$$

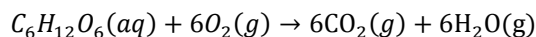
مثال: طبق واکنش زیر برای تولید ۰/۲ لیتر گاز کربن دی اکسید به چند گرم جوش شیرین نیاز است. (چگالی گاز کربن دی اکسید در شرایط واکنش

$$\text{برابر } 1.1g \cdot Lit^{-1} \text{ می باشد.}) (1mol NaHCO_3 = 83.96g, 1mol CO_2 = 44 g)$$



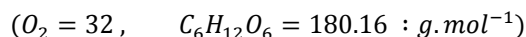
$$0.2 Lit CO_2 \times \frac{1.1 g CO_2}{Lit CO_2} \times \frac{1mol CO_2}{44g CO_2} \times \frac{1mol NaHCO_3}{1mol CO_2} \times \frac{83.96 g NaHCO_3}{1mol NaHCO_3} = 0.419 g NaHCO_3$$

مثال: اگر در بدن انسان در دما و فشار ثابت به طور میانگین در هر شبانه روز ۳۳۲ لیتر گاز اکسیژن مصرف می کند. با توجه به واکنش تنفس



الف) چند لیتر گاز کربن دی اکسید تولید می شود؟

ب) در هر شبانه روز چند گرم گلوکز مصرف می شود. (چگالی گاز اکسیژن $1.4 \frac{g}{L}$ در نظر بگیرید).



واکنش دهنده محدود کننده: واکنش دهنده ای است که در جریان واکنش زودتر از واکنش دهنده های دیگر مصرف می شود.

واکنش دهنده اضافی: واکنش دهنده ای است که به مقدار بیشتری در ظرف واکنش وجود دارد و پس از پایان واکنش مقداری باقی می ماند.

نحوه تعیین واکنش دهنده محدود کننده:

۱- تبدیل جرم، حجم یا غلظت به تعداد مول

۲- مول هر واکنش دهنده را بر ضریب استوکیومتری تقسیم می کنیم

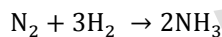
۳- هر کدام که کوچکتر بود، واکنش دهنده محدود کننده است.

نکته: محاسبات استوکیومتری بر اساس واکنش دهنده محدود کننده انجام می شود.

مثال: طبق واکنش زیر ۲۱ گرم نیتروژن ۱۵ گرم هیدروژن وارد واکنش می شود.

الف) واکنش دهنده محدود کننده را تعیین کنید.

ب) چند گرم آمونیاک تولید می شود. ($H = 1, N = 14 \frac{g}{mol}$)



$$21g N_2 \times \frac{1mol N_2}{28g N_2} = 0.75 mol$$

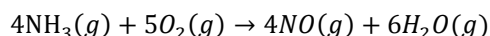
$$15g H_2 \times \frac{1mol H_2}{2g H_2} = 7.5 mol$$

$$N_2 \rightarrow \frac{0.75}{1} = 0.75 \quad H_2 \rightarrow \frac{7.5}{3} = 2.5$$

نیتروژن واکنش دهنده محدود کننده است

$$21gr N_2 \times \frac{1mol N_2}{28g N_2} \times \frac{2mol NH_3}{1mol N_2} \times \frac{17g NH_3}{1mol NH_3} = 25.5g NH_3$$

مثال: اگر در شرایط استاندارد ۴۴.۸ لیتر گاز آمونیاک و ۳ مول گاز اکسیژن با یکدیگر واکنش دهند،



الف) واکنش دهنده محدود کننده را تعیین کنید.

ب) چند گرم آب تولید می شود؟ ($1mol H_2O = 18g$)

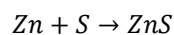
ج) از واکنش دهنده اضافی چند مول باقی می ماند؟

بازده واکنش های شیمیایی:

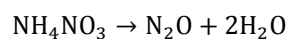
$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100$$

تذکر: یکای مقدار عملی و مقدار نظری باید یکسان باشد.

مثال: در یک آزمایش ۳۶ گرم روی با ۳۰ گرم گوگرد واکنش داده اند و مقدار ۴۲/۵ گرم روی سولفید به دست آورده اند. بازده درصدی این واکنش را حساب کنید.



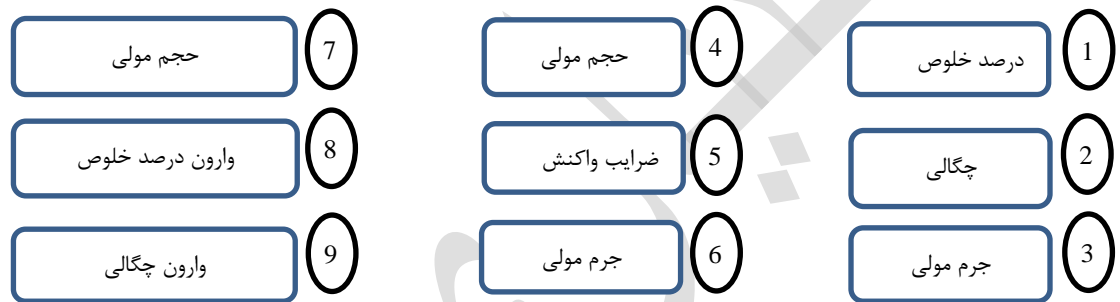
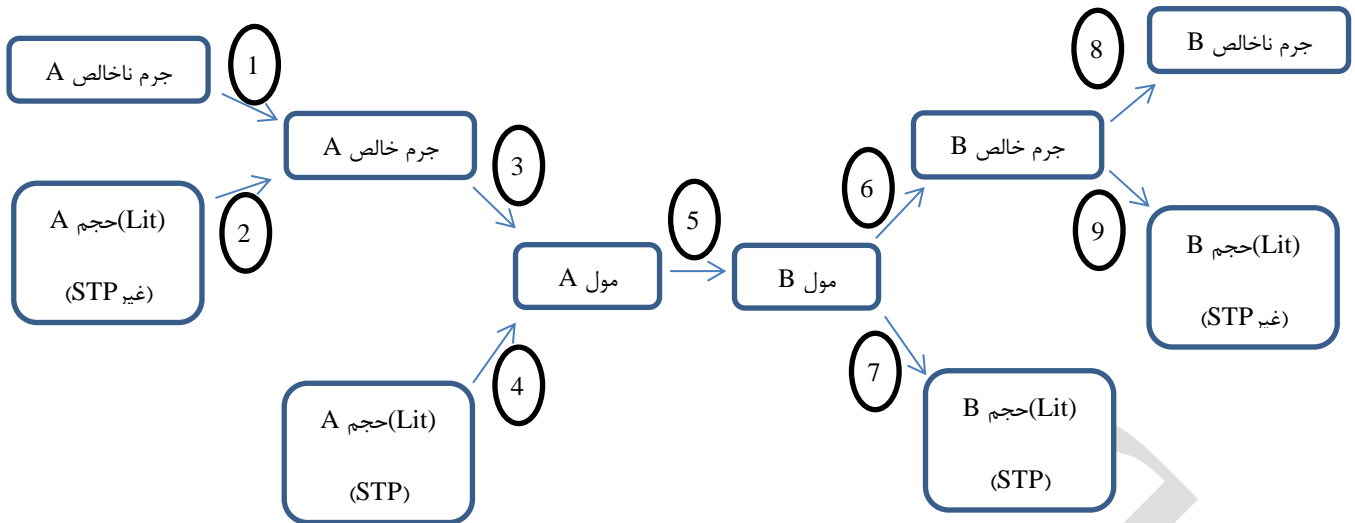
مثال: از واکنش ۲.۴۵ گرم آمونیوم نیترات مطابق واکنش زیر ۰.۵۳ لیتر گاز N_2O در شرایط استاندارد تولید شده است. بازده درصدی واکنش را بدست آورید.



$$2.45 \text{g NH}_4\text{NO}_3 \times \frac{1 \text{mol NH}_4\text{NO}_3}{80.03 \text{g NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{1 \text{mol N}_2\text{O}}{1 \text{mol NH}_4\text{NO}_3} \times \frac{22.4 \text{ L N}_2\text{O}}{1 \text{mol N}_2\text{O}} = 0.68 \text{ L N}_2\text{O}$$

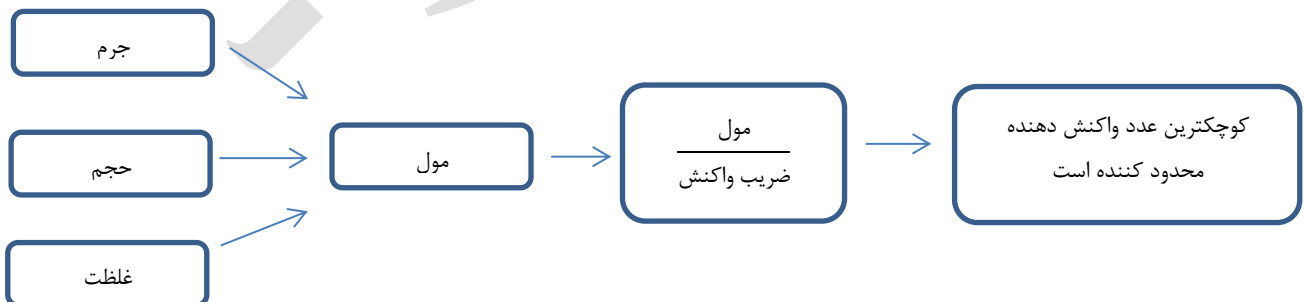
$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 \rightarrow \text{بازده درصدی} = \frac{0.53}{0.68} \times 100 = 77.94\%$$

حالت های کلی روابط استوکیومتری:

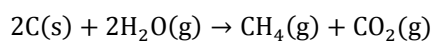


$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100$$

نحوه تعیین واکنش دهنده محدود کننده:



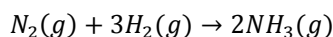
مثال: طبق واکنش زیر در صورتی که بازده درصدی واکنش برابر 85٪ باشد چند گرم متان از واکنش 3 گرم زغال سنگ با مقدار اضافی بخار آب به وجود می آید؟ ($1\text{mol CH}_4 = 16\text{g}$, $1\text{mol C} = 12\text{g}$)



$$3\text{g C} \times \frac{1\text{mol C}}{12\text{g C}} \times \frac{1\text{mol CH}_4}{2\text{mol C}} \times \frac{16\text{g CH}_4}{1\text{mol CH}_4} = 2\text{g CH}_4 \rightarrow \text{مقدار نظری}$$

$$1.7\text{g} = \text{مقدار عملی} \rightarrow \frac{\text{مقدار عملی}}{2\text{g}} \times 100 = 85 \rightarrow \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \text{بازده درصدی}$$

مثال: در صورتی که بازده واکنش زیر برابر ۷۰ درصد باشد، برای تهیه ۳۵۰ g آمونیاک به چند گرم گاز هیدروژن نیاز است؟ $NH_3 = (17 \frac{g}{mol})$

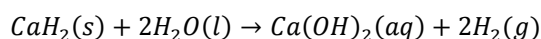


تمرین: واکنش $4NH_3(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(g)$ در دما و فشار ثابت انجام شده است.

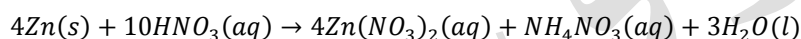
الف) محاسبه کنید برای واکنش کامل ۵ لیتر گاز آمونیاک، چند لیتر گاز اکسیژن لازم است؟

ب) اگر ۰.۴ مول گاز آمونیاک و ۰.۴ مول گاز اکسیژن وارد واکنش شوند، با محاسبه واکنش دهنده محدود کننده را تعیین کنید.

تمرین: با توجه به واکنش زیر چند گرم کلسیم هیدرید (CaH_2) با درصد خلوص ۷۳٪ برای تهیه ۲.۵۷ لیتر گاز هیدروژن در شرایط STP لازم است؟ ($1\text{mol CaH}_2 = 42.09\text{g}$)



تمرین: در یک آزمایش از واکنش میان ۰.۰۴۸ مول روی خالص ($Zn(s)$)، با ۰.۱۵ مول نیتریک اسید ($HNO_3(aq)$)، ۰.۷۲ گرم آمونیوم نترات به دست آمده است. ($1\text{mol NH}_4NO_3 = 79.97\text{g}$)



الف) واکنش دهنده محدود کننده را با محاسبه مشخص کنید.

ب) بازده درصدی واکنش را به دست آورید.

تمرین: یک قرص نعنا که به عنوان ضد اسید تجویز می شود شامل $NaHCO_3$ است، پس از واکنش کامل، ۰.۲ L گاز CO_2 تولید شده است. چند گرم $NaHCO_3$ مصرف می شود؟ (چگالی CO_2 را $1.1 \frac{g}{L}$ در نظر بگیرید). ($NaHCO_3 = 83.96$, $CO_2 = 44 \frac{g}{mol}$)

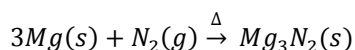


تمرین: واکنش روبرو در دما و فشار ثابت انجام شده است. $C_2H_2(g) + 2H_2(g) \rightarrow C_2H_6(g)$

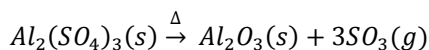
الف) برای واکنش کامل ۱۰ لیتر گاز استیلن، به چند لیتر گاز هیدروژن نیاز است؟

ب) اگر ۶.۲ گرم گاز هیدروژن با ۱.۵ مول گاز استیلن وارد واکنش شود، با محاسبه واکنش دهنده محدود کننده را حساب کنید. ($H_2 = 2 \frac{g}{mol}$)

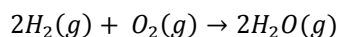
تمرین: از واکنش ۰.۶۸ مول منیزیم با مقدار کافی گاز نیتروژن، ۲۰ گرم منیزیم نیتريد Mg_3N_2 تولید شده است. بازده درصدی واکنش را حساب کنید. ($1\text{mol Mg}_3N_2 = 100.9\text{g}$)



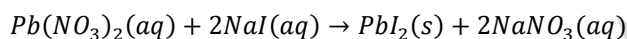
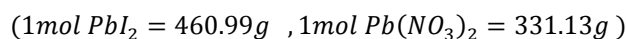
تمرین: از تجزیه کامل 1.71 گرم آلومینیم سولفات $Al_2(SO_4)_3$ ، چند لیتر گاز SO_3 تولید می شود؟ چگالی گاز SO_3 را در این شرایط 3.57 گرم بر لیتر در نظر بگیرید. $(1mol Al_2(SO_4)_3 = 342.02g, 1mol SO_3 = 80.03g)$



تمرین: گاز هیدروژن به عنوان سوخت پاک پیشنهاد می شود. زیرا با انجام واکنش زیر فقط بخار آب تولید می شود. اگر بازده این واکنش 98.8% باشد، چند گرم گاز هیدروژن می تواند 85 کیلوگرم آب تولید کند.



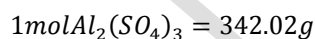
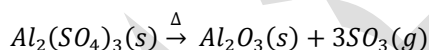
تمرین: از واکنش 25g سرب(II) نیترات 80% با مقدار اضافی سدیم یدید، چند گرم سرب (II) یدید به دست می آید؟



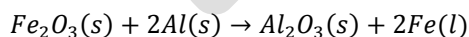
الف) در شرایط استاندارد، چند گرم فلز آهن با مقدار اضافی هیدروکلریک اسید، 5.6L گاز H_2 تولید می کند؟

ب) اگر 11.2g آهن با 13.13g HCl طبق معادله بالا واکنش دهد، واکنش دهنده محدود کننده را تعیین کنید؟

تمرین: از تجزیه حرارتی 55g آلومینیم سولفات طبق معادله زیر چند لیتر گاز SO_3 در شرایط STP تولید می شود؟



تمرین: از واکنش ترمیت(واکنش زیر) برای جوش دادن خطوط راه آهن استفاده می شود. برای تولید 279 گرم آهن، چند گرم آلومینیم با درصد خلوص 80% لازم است تا با مقدار کافی از آهن(III) اکسید واکنش دهد؟



پختیاری نژاد