

استوکیومتری یک واکنش شیمیایی

اکبر نوری زاده^{۱*} - پروین یاری^۲

۱- کارشناس ارشد شیمی، دبیرستان فرزندگان و امیر کبیرمشکین شهر
۲- کارشناس ارشد شیمی، دبیرستان دخترانه شاهد مشکین شهر

چکیده:

یکی از بحث‌های کتاب شیمی سوم، موازنه، استوکیومتری واکنش‌های شیمیایی، واکنش دهنده محدود کننده، واکنش دهنده اضافی و بازده واکنش‌های شیمیایی است. در اینجا با انجام یک واکنش شیمیایی این مباحث، بطور عملی بررسی و آموزش داده می‌شود. به عبارت دیگر به آموزش شیمی از منظر واقعی آن یعنی تجربه و مشاهده نگاه می‌شود. در این آزمایش، واکنش بین دو نمک را مشاهده و نسبت دو واکنش دهنده را که بیشترین مقدار فرآورده را تولید می‌کند، تعیین می‌شود.

کلمات کلیدی

استوکیومتری، آزمایش کمی، واکنش دهنده محدود کننده، واکنش دهنده اضافی، بازده واکنش‌های شیمیایی، پتاسیم کرومات، سرب (II) نیترات

۱- مقدمه

همانگی با دنیای در حال تغییر و دگرگونی، یکی از نگرانی های انسان روزگار ما است. در چنین وضعیتی کارشناسان علوم تربیتی بر این باورند که تحمیل کوله بار سنگینی از دانش و اطلاعات به دانش آموز به تنهایی کارگشای مسائل زندگی آینده ی آنها نیست.

امروزه مهم ترین وظیفه و نقش آموزش در مدارس آموزش شیوه های یادگیری و پرورش مهارت ها و نگرش های است که فرد را قادر می سازد خود راه حل مسائل و کشف مجهولات را بیابد " این آموختن برای زیستن است " که یک شهروندی سازگار با جامعه در حال تغییر را پرورش می یابد. که این امر از طریق آموزش علوم تجربی با روش نوین میسر خواهد بود.

در شیوه نوین برخلاف روش سنتی تدریس، دانش آموزان بایستی در موقعیتی قرار گیرند که آنها مسائل خود را از طریق اندیشه، کاوش و پژوهش به مدد شواهد موجود یا گردآوری شده بیازمایند و شخصاً نتیجه گیری کنند. با چنین رویکردی آنها علاوه بر یادگیری حقایق علمی، روش و نگرش علمی را نیز کسب می کنند.

با توجه به اهمیت آموزش عملی و تاثیر آن در یادگیری دانش آموزان، در این جا مقاله ی ارائه می گردد که در این مقاله سعی بر این شده است که مفاهیمی چون نسبت های استوکیومتری، موازنه واکنش، واکنش دهنده محدود کننده، واکنش دهنده اضافی و بازده واکنش های شیمیایی با انجام یک آزمایش عملی مستمر توضیح داده می شود. هم چنین در حین انجام این کار دانش آموزان با تکنیک های آزمایشگاهی چون توزین، پی پت کردن، صاف کردن، محلول سازی آشنا می گردند. در جریان آزمایش جهت تسریع و شبیه سازی فرایند از نرم افزار Excel استفاده می گردد.

از مهمترین ویژگی این کار به ترکیبی بودن و به هم پیوسته بودن کار می توان اشاره کرد که دانش آموزان را به دقت بیشتر در کار و می دارد که چون دقت در فریند اولی پیش نیاز فرایند های بعدی خواهد بود.

۲- انجام آزمایش

در اینجا واکنش مابین محلول پتاسیم کرومات و محلول سرب (II) نیترات بررسی می گردد.
این کار بعد از معرفی انواع واکنش های شیمیایی شروع می شود. در یک کلاس ۳۲ نفری به شرح زیر انجام می گیرید.
کلاس به هشت گروه چهار نفری تقسیم می شود

مواد و وسایل لازم برای هر گروه

روپوش، عینک ایمنی، پی پت، لوله آزمایش، بشر، استوانه مدرج، بالون حجم سنجی ۱۰۰ ml، خط کش، دفترچه یادداشت، آب مقطر، سرب (II) نیترات، پتاسیم کرومات، ترازو، برجسب.
این وسایل را هر گروه بعد از گروه بندی کلاس از آزمایشگاه مدرسه تحویل می گیرند و در کمد مخصوص گروه خود جای می دهند.

۲-۱- فعالیت جلسه اول

بعد از یاد آوری مفهوم مول و جرم مولی از گروهها خواسته می شود که سوالات زیر را پاسخ داده و در دفترچه یادداشت کنند.

- ۱- جرم مولی پتاسیم کرومات، سرب (II) نیترات و سرب (II) کرومات را محاسبه کنید ؟
- ۲- ۹/۷۱ گرم پتاسیم کرومات و ۱۶/۵۷ گرم سرب (II) نیترات چند مول می باشند ؟
- ۳- مقداری پتاسیم کرومات و سرب (II) نیترات را جداگانه در مقداری آب حل کرده و در یک لوله آزمایش روی هم بریزند. مشاهدات خود را با نوشتن یک معادله شیمیایی نشان دهند ؟

۲-۲- فعالیت جلسه دوم

بعد از تدریس استوکیومتری واکنش از گروهها خواسته می شود که به سوالات زیر پاسخ داده و در دفترچه یادداشت کنند.

- ۱- از واکنش $9/71$ گرم پتاسیم کرومات با مقدار اضافی سرب(II) نیترات چند گرم سرب(II) کرومات بدست می آید؟
- ۲- از واکنش $16/57$ گرم سرب(II) نیترات با مقدار اضافی پتاسیم کرومات چند گرم سرب(II) کرومات بدست می آید؟

۲-۳- فعالیت جلسه سوم

بعد از تدریس مفهوم درصد خلوص از گروهها خواسته می شود که به سوالات زیر پاسخ داده و در دفترچه یادداشت کنند.

- ۱- با مراجعه به آزمایشگاه درصد خلوص پتاسیم کرومات و سرب(II) نیترات موجود را یادداشت کنید .
- ۲- با توجه به درصد خلوص پتاسیم کرومات و سرب(II) نیترات تعیین کنید که در $9/71$ گرم پتاسیم کرومات و $16/57$ گرم سرب(II) نیترات چند گرم ماده خالص وجود دارد؟

۲-۴- فعالیت جلسه چهارم

بعد از تدریس استوکیومتری در محلولها، از گروهها خواسته می شود که محلول های زیر را تهیه کرده و و روی هر محلول برچسب مشخصات آن را بزنند. محاسبات خود را در دفترچه یادداشت کنند. (محلولها را در جای مطمئن نگهداری کنید)

- ۱- 100 میلی لیتر محلول 1 مولار سرب(II) نیترات
- ۲- 100 میلی لیتر محلول 1 مولار پتاسیم کرومات

۲-۵- فعالیت جلسه پنجم

بعد از تدریس مفهوم واکنش دهنده ی محدود کننده و واکنش دهنده ی اضافی، از گروه خواسته می شود که فعالیت های زیر را انجام دهند .

۱. 9 عدد لوله آزمایش هم اندازه و تمیز در جا لوله ی قرار دهید و روی هر لوله برچسب 1 الی 9 را بزنید .
۲. به لوله آزمایش شماره 1 یک میلی لیتر محلول پتاسیم کرومات و 9 میلی لیتر محلول سرب نیترات اضافه می کنیم و محلول را خوب هم می زنیم
۳. به لوله آزمایش شماره 2 دو میلی لیتر محلول پتاسیم کرومات و 8 میلی لیتر محلول سرب نیترات اضافه می کنیم و محلول را خوب هم می زنیم
۴. به لوله آزمایش شماره 3 سه میلی لیتر محلول پتاسیم کرومات و 7 میلی لیتر محلول سرب نیترات اضافه می کنیم و محلول را خوب هم می زنیم
۵. به لوله آزمایش شماره 4 چهار میلی لیتر محلول پتاسیم کرومات و 6 میلی لیتر محلول سرب نیترات اضافه می کنیم و محلول را خوب هم می زنیم
۶. به لوله آزمایش شماره 5 پنج میلی لیتر محلول پتاسیم کرومات و 5 میلی لیتر محلول سرب نیترات اضافه می کنیم و محلول را خوب هم می زنیم
۷. به لوله آزمایش شماره 6 شش میلی لیتر محلول پتاسیم کرومات و 4 میلی لیتر محلول سرب نیترات اضافه می کنیم و محلول را خوب هم می زنیم
۸. به لوله آزمایش شماره 7 هفت میلی لیتر محلول پتاسیم کرومات و 3 میلی لیتر محلول سرب نیترات اضافه می کنیم و محلول را خوب هم می زنیم
۹. به لوله آزمایش شماره 8 هشت میلی لیتر محلول پتاسیم کرومات و 2 میلی لیتر محلول سرب نیترات اضافه می کنیم و محلول را خوب هم می زنیم

۱۰. به لوله آزمایش شماره ۹ نه میلی لیتر محلول پتاسیم کرومات و ۱ میلی لیتر محلول سرب نیترات اضافه می‌کنیم و محلول را خوب هم می‌زنیم

۱۱. برای ته نشینی بهتر رسوب‌ها پنج دقیقه صبر کنید، ارتفاع رسوب را برحسب شماره لوله آزمایش رسم کنید.

۲-۶- فعالیت جلسه ششم

از گروه‌ها خواسته می‌شود که به اتاق کامپیوتر رفته و فعالیت‌های زیر را با همکاری دبیر یا متصدی کامپیوتر با نر افزار Excel انجام دهند.

- ۱- مقدار رسوب مورد انتظار از هر دو ماده (سرب(II)نیترات و پتاسیم کرومات) در هر لوله آزمایش را بطور جداگانه محاسبه کنید.
- ۲- نمودار مقدار رسوب مورد انتظار را برحسب شماره آزمایش رسم کنید.
- ۳- نمودار کامپیوتری را با نمودار بدست آمده از آزمایش، مقایسه کنید.
- ۴- تعداد میلی مول‌های پتاسیم کرومات و سرب(II)نیترات موجود در هر لوله آزمایش را محاسبه کنید.
- ۵- مشخص کنید بیشترین رسوب بدست آمده با کدام نسبت مولی مطابقت دارد؟
- ۶- این نسبت را با نسبت استوکیومتری واکنش موازنه شده مقایسه کنید؟

۲-۷- فعالیت جلسه هفتم

بعد از تدریس مفهوم بازده واکنش‌های شیمیایی از گروه‌ها خواسته می‌شود که به سراغ آزمایش رفته و فعالیت‌های زیر را انجام دهند.

- ۱- رسوب لوله آزمایش‌ها را جداگانه از محلول مربوطه با صاف کردن جداکنند.
- ۲- رسوب‌ها را در جای مناسب بگذارید تا خشک شود.
- ۳- محلول زیر صافی هر لوله آزمایش را به دو قسمت تقسیم کنید.
- ۴- به یکی از محلول زیر صافی محلول پتاسیم کرومات و به محلول دیگری محلول سرب (II) نیترات اضافه کنید و مشاهدات خود را یادداشت کنید.

۲-۸- فعالیت جلسه هشتم

- ۱- بعد از اطمینان از خشک شدن رسوب‌ها آنها را توزین کنید.
- ۲- مقدار رسوب بدست آمده را با مقدار رسوب محاسبه شده مقایسه کنید.
- ۳- بازده درصدی واکنش را محاسبه کنید.

۳- داده‌ها و مشاهده‌ها

۳-۱- جلسه اول

جدول ۱

$M_{KI} = 39.1 + 127 = 166 \text{ g/mol}$	$mol K_2CrO_4 = 9.71 \text{ g Pb(NO}_3)_2 * \frac{1 \text{ mol}}{194.2 \text{ g}} = 0.05 \text{ mol}$
$M_{Pb(NO_3)_2} = 207.2 + (14 + 16 * 3) * 2 = 331.2 \text{ g/mol}$	$mol Pb(NO_3)_2 = 16.57 \text{ g Pb(NO}_3)_2 * \frac{1 \text{ mol}}{331.2 \text{ g}} = 0.05 \text{ mol}$

$M_{PbCrO_4} = 207.2 + 52 + 16 \cdot 4 = 323.2 \text{ g/mol}$
$K_2CrO_4(aq) + Pb(NO_3)_2(aq) \rightarrow PbCrO_4(s) + 2KNO_3(aq)$

۲-۲- جلسه دوم

جدول ۲

$g PbCrO_4 = 9.71 g K_2CrO_4 * \frac{1 mol}{194.2 g} * \frac{1 mol PbCrO_4}{1 mol K_2CrO_4} * \frac{323.2 g}{1 mol} = 16.16 g$
$g PbCrO_4 = 16.57 g Pb(NO_3)_2 * \frac{1 mol}{331.2 g} * \frac{1 mol PbCrO_4}{1 mol Pb(NO_3)_2} * \frac{323.2 g}{1 mol} = 16.16 g$

۲-۳- جلسه سوم

جدول ۳

$Pb(NO_3)_2 \% = 98$	$K_2CrO_4 \% = 98$
$Pb(NO_3)_2 \text{ خالص} = 16.57 * \frac{98}{100} = 16.24 g$	
$K_2CrO_4 \text{ خالص} = 9.71 * \frac{98}{100} = 9.91 g$	

۲-۴- جلسه چهارم

جدول ۴

$g Pb(NO_3)_2 = 100 ml * \frac{1 l}{1000 ml} * \frac{1 mol Pb(NO_3)_2}{1 l} * \frac{331.2 g}{1 mol} * \frac{100}{98} = 16.9$
$g K_2CrO_4 = 100 ml * \frac{1 l}{1000 ml} * \frac{1 mol K_2CrO_4}{1 l} * \frac{194.2 g}{1 mol} * \frac{100}{98} = 19.91 g$

۲-۵- جلسه پنجم

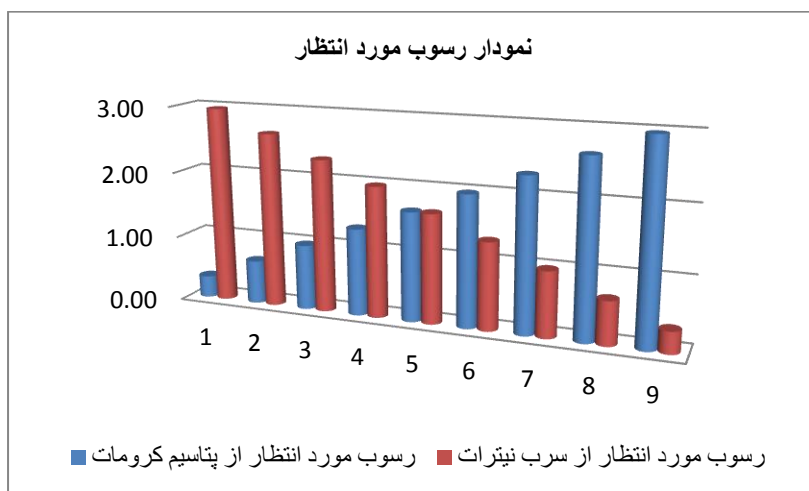


شکل ۱

۳-۶- جلسه ششم

جدول ۵

		K_2CrO_4		$Pb(NO_3)_2$	$PbCrO_4$
جرم مولی		194.20		331.20	323.20
حجم محلول (ml)		100.00		100.00	
جرم (گرم)		19.82		33.80	
تعداد مول		0.10		0.10	
غلظت مولی		1.02		1.02	
گرم $PbCrO_4$ مورد انتظار		32.99		32.98	
	ml K_2CrO_4	گرم $PbCrO_4$ مورد انتظار	ml $Pb(NO_3)_2$	گرم $PbCrO_4$ مورد انتظار	اختلاف جرم
آزمایش ۱	1.00	0.33	9.00	2.97	2.64
آزمایش ۲	2.00	0.66	8.00	2.64	1.98
آزمایش ۳	3.00	0.99	7.00	2.31	1.32
آزمایش ۴	4.00	1.32	6.00	1.98	0.66
آزمایش ۵	5.00	1.65	5.00	1.65	0.00
آزمایش ۶	6.00	1.98	4.00	1.32	-0.66
آزمایش ۷	7.00	2.31	3.00	0.99	-1.32
آزمایش ۸	8.00	2.64	2.00	0.66	-1.98
آزمایش ۹	9.00	2.97	1.00	0.33	-2.64



شکل ۲: نمودار ۱

جدول ۶

	ml K_2CrO_4	میلی مول پتاسیم کرومات	ml $Pb(NO_3)_2$	میلی مول سرب نیترات	$\frac{mmol K_2CrO_4}{mmol Pb(NO_3)_2}$
آزمایش ۱	1.00	1.02	9.00	8.82	0.12
آزمایش ۲	2.00	2.04	8.00	7.84	0.26
آزمایش ۳	3.00	3.06	7.00	6.86	0.45
آزمایش ۴	4.00	4.08	6.00	5.88	0.69
آزمایش ۵	5.00	5.10	5.00	4.90	1.04
آزمایش ۶	6.00	6.12	4.00	3.92	1.56
آزمایش ۷	7.00	7.14	3.00	2.94	2.43
آزمایش ۸	8.00	8.16	2.00	1.96	4.17
آزمایش ۹	9.00	9.19	1.00	0.98	9.37

مقایسه شکل های مختلف کامپیوتری و آزمایش و نسبت های مولی بیان گر این است که وقتی نسبت های مولی یک باشد میزان رسوب حاصله بیشتر خواهد شد. که این نسبت همان نسبت استوکیومتری واکنش می باشد.

۳-۷- جلسه هفتم

برای ایجاد یک واکنش شیمیایی وجود تمامی واکنش دهنده ها الزامی است .

جدول ۷

	محلول	مشاهده	نتیجه گیری
آزمایش ۱	پتاسیم کرومات	تشکیل رسوب	در محلول سرب (II) نیترات وجود دارد

	سرب (II) نیترات	رسوبی ایجاد نشد	در محلول پتاسیم کرومات وجود ندارد
آزمایش ۲	پتاسیم کرومات	تشکیل رسوب	در محلول سرب (II) نیترات وجود دارد
	سرب (II) نیترات	رسوبی ایجاد نشد	در محلول پتاسیم کرومات وجود ندارد
آزمایش ۳	پتاسیم کرومات	تشکیل رسوب	در محلول سرب (II) نیترات وجود دارد
	سرب (II) نیترات	رسوبی ایجاد نشد	در محلول پتاسیم کرومات وجود ندارد
آزمایش ۴	پتاسیم کرومات	تشکیل رسوب	در محلول سرب (II) نیترات وجود دارد
	سرب (II) نیترات	رسوبی ایجاد نشد	در محلول پتاسیم کرومات وجود ندارد
آزمایش ۵	پتاسیم کرومات	به مقدار جزئی رسوب	در محلول جزئی سرب (II) نیترات وجود دارد
	سرب (II) نیترات	به مقدار جزئی رسوب	در محلول جزئی پتاسیم کرومات وجود دارد
آزمایش ۶	پتاسیم کرومات	رسوب ایجاد نشد	در محلول سرب (II) نیترات وجود ندارد
	سرب (II) نیترات	تشکیل رسوب	در محلول پتاسیم کرومات وجود دارد
آزمایش ۷	پتاسیم کرومات	رسوب ایجاد نشد	در محلول سرب (II) نیترات وجود ندارد
	سرب (II) نیترات	تشکیل رسوب	در محلول پتاسیم کرومات وجود دارد
آزمایش ۸	پتاسیم کرومات	رسوب ایجاد نشد	در محلول سرب (II) نیترات وجود ندارد
	سرب (II) نیترات	تشکیل رسوب	در محلول پتاسیم کرومات وجود دارد
آزمایش ۹	پتاسیم کرومات	رسوب ایجاد نشد	در محلول سرب (II) نیترات وجود ندارد
	سرب (II) نیترات	تشکیل رسوب	در محلول پتاسیم کرومات وجود دارد

۳-۱- جلسه هشتم

جدول ۸

	گرم $PbCrO_4$ صاف شده	گرم $PbCrO_4$ مورد انتظار	بازده درصدی
آزمایش ۱	0.3	0.33	90.91
آزمایش ۲	0.67	0.66	102.27
آزمایش ۳	0.99	0.99	100.00
آزمایش ۴	1.32	1.32	100.00
آزمایش ۵	1.57	1.65	95.45
آزمایش ۶	1.26	1.32	95.45
آزمایش ۷	0.82	0.99	83.33
آزمایش ۸	0.67	0.66	102.27
آزمایش ۹	0.3	0.33	90.91

۴- تحلیل داده ها

۱. بیشترین ماده جامد در کدام لوله آزمایش می باشد؟

همانطوریکه از عکس ۱ جلسه پنجم پیداست مقدار ماده جامد در لوله آزمایش شماره ۵ بیشتر از بقیه آزمایشات می باشد.

۲. نسبت مواد واکنش دهنده‌ی که بیشترین مقدار جامد را تولید کرده اند، چه بود ؟

بیشترین مقدار ماده جامد ابتدا در لوله آزمایش شماره ۵ تولید شده است که نسبت‌های مولی مواد واکنش دهنده یعنی پتاسیم کرومات به سرب نیترات ۱ به ۱ می باشد.

۳. چرا در برخی از خانه‌ها فرآورده جامد کمتر از خانه‌های دیگر بود ؟

با توجه به جدول شماره ۷ تعداد مول‌های سرب نیترات از لوله آزمایش ۱ به بالا کاهش می یابد ولی مقدار پتاسیم کرومات از لوله شماره ۱ به بالا در حال افزایش است. تا لوله شماره ۵ مقدار مول‌های سرب نیترات بیشتر می باشد و پتاسیم کرومات به اندازه کافی در محیط وجود ندارد که با سرب نیترات موجود در محلول وارد واکنش گردد. بنابر این تا لوله ۴ پتاسیم کرومات محدود کننده واکنش می باشد. از لوله شماره ۶ به بعد مول های پتاسیم کرومات بیشتر می باشد بنابر این محدود کننده واکنش سرب نیترات می باشد.

۴. مشاهدات خود را از آزمایش جلسه هفتم چگونه توجیه می کنید ؟

موفعی که به یک لوله آزمایش مقداری سرب نیترات اضافه کردیم هیچگونه تغییری مبنی بر انجام واکنش مشاهده نگردید، این نشان دهنده این است که در محیط پتاسیم کرومات برای انجام واکنش با سرب نیترات نداریم ولی موقع اضافه کردن پتاسیم کرومات به بخش دیگر لوله آزمایش رسوب زرد رنگ ایجاد می شود که نشان از وجود سرب نیترات در محیط می باشد. بنابر این در آن لوله آزمایش پتاسیم کرومات محدودکننده واکنش و سرب نیترات واکنش دهنده اضافی می باشد.

موفعی که به لوله آزمایش دیگر مقداری پتاسیم کرومات اضافه کردیم هیچگونه تغییری مبنی بر انجام واکنش مشاهده نگردید، این نشان دهنده این است که در محیط سرب نیترات برای انجام واکنش با پتاسیم کرومات نداریم ولی موقع اضافه کردن سرب نیترات به بخش دیگر لوله آزمایش رسوب زرد رنگ ایجاد می شود که نشان از وجود پتاسیم کرومات در محیط می باشد. بنابر این در این لوله آزمایش سرب نیترات محدودکننده واکنش و پتاسیم کرومات واکنش دهنده اضافی می باشد.

بطور کلی در لوله آزمایشات ۱ و ۲ و ۳ و ۴ پتاسیم کرومات محدود کننده و در لوله آزمایش ۶ و ۷ و ۸ و ۹ سرب نیترات محدود کننده می باشد.

۵. محاسبات جدول ۷ و ۶ چه چیزی را بیان می کند ؟

در جدول ۷ تعداد میلی مول‌های یدید و سرب را محاسبه کردیم و در جدول ۶ مقدار رسوب فرضی ایجاد شده را جداگانه حساب کردیم، مقدار رسوب محاسباتی از روی میلی مول‌های سرب سیر نزولی دارد ولی از روی مقدار پتاسیم کرومات سیر صعودی در مقدار گرم رسوب دیده می شود. با محاسبه اختلاف این دو مقدار که با کم کردن مقدار گرم رسوبی که از سرب بدست می آید از مقدار گرم رسوبی که از پتاسیم کرومات بدست آمده است مشخص شده است که در لوله ۵ اختلاف این مقدار صفر می باشد این مقدار با نسبت‌های مولی ۱ به ۱ متناسب می باشد که همان نسبت استوکیومتری می باشد، اما در مقادیر نسبت‌های کمتر اختلاف مثبت یعنی مقدار سرب نیترات بیشتر و در مقادیر نسبت‌های بیشتر اختلاف منفی می باشد یعنی مقدار سرب نیترات کمتر می باشد.

۶. نمودار شماره ۱ و عکس ۱ بیان گر چه مطلبی می باشد ؟

نمودار ۱ نشان دهنده مقدار رسوب مورد انتظار در هر لوله آزمایش بر حسب مواد جداگانه می باشد با توجه به نمودار مشخص می شود که که مقدار رسوب مورد انتظار از سرب نیترات از لوله آزمایش ۱ به بعد سیر نزولی دارد و مقدار

رسوب مورد انتظار از پتاسیم کرومات سیر صعودی دارد. در هر لوله آزمایش با توجه به مفهوم واکنش دهنده محدود کننده اندازه کمتر نشان دهنده میزان واقعی رسوب می باشد که با توجه به عکس ۱ که بعد از اتمام آزمایشات گرفته شده است این گفته تأیید می شود که بیشترین مقدار رسوب مربوط به نسبت استوکیومتری می باشد که در لوله آزمایش ۵ دیده می شود و در لوله آزمایشات ۱ و ۲ و ۳ و ۴ پتاسیم کرومات محدود کننده و در لوله آزمایش ۶ و ۷ و ۸ و ۹ سرب نیترات محدود کننده می باشد.

۷. جدول ۹ بیان گر چه مطلبی می باشد؟

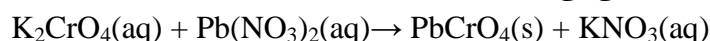
در جدول نتایج آزمایشات جلسه پنجم و جلسه ششم آورده شده است (مقایسه مقدار عملی و تئوری) در این جدول مقدار بازده عملی واکنش از روی فرمول

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

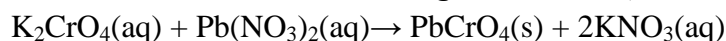
بدست آمده است. پراکندگی نتایج بدست آمده نشان از خطای عملکردی آزمایشگر در حین آزمایش است.

۵- نتیجه گیری

۱- سرب کرومات $PbCrO_4$ فراورده جامدی است که مشاهده گردید. فراورده دیگر (پتاسیم نیترات، KNO_3) به صورت محلول در آب باقی می ماند. واکنش دهنده ها و فراورده ها در معادله زیر نشان داده شده اند:



برای موازنه این معادله، ضرایب عددی صحیح و کوچکی را در آن وارد می کنیم که با توجه به نسبت مواد واکنش دهنده ای که بیشترین مقدار جامد را تولید می کند و اختلاف دو مقدار رسوب تئوری برابر صفر باشد (جدول ۶ و ۷)، تعیین گردیده است. (توجه کنید که کوچکترین اعداد صحیح باید به عنوان ضریب به کار برده شود)



۲- از روی جدول های ۶ و ۷ و همچنین شکل ۱ و نمودار ۱ در می یابیم که چگونه ماده ای که مقدار کمتری در محیط دارد مقدار محصول مورد نظر را محدود می کنند. بدین ترتیب مفهوم واکنش دهنده محدود کننده بطور عینی توضیح داده می شود یعنی واکنش دهنده ای که مقدار محصول تحت کنترل او می باشد (در آزمایش ۱ و ۲ و ۳ و ۴ پتاسیم کرومات و لوله آزمایش های ۶ و ۷ و ۸ و ۹ سرب نیترات).

۳- از روی جدول ۶ و همچنین نتایج آزمایش جلسه ۷ مفهوم واکنش دهنده اضافی بطور عینی توضیح داده می شود یعنی واکنش دهنده ای که در محیط واکنش به مقدار اضافی باقی مانده و بدلیل نبودن واکنش دهنده دیگر در محیط نتوانسته بصورت محصول نهائی ظاهر گردد (در آزمایش ۱ و ۲ و ۳ و ۴ سرب نیترات و لوله آزمایش های ۶ و ۷ و ۸ و ۹ پتاسیم کرومات).

۴- از نتایجی که از انجام این فعالیت، دانش آموز می تواند بدست آورد به موارد زیر می توان اشاره کرد

۱- مشاهده واکنش بین محلول دو نمک

۲- محلول سازی

۳- مقایسه نتایج به دست آمده از مقادیر متفاوت واکنش دهنده ها

۴- موازنه واکنش

۵- تعیین واکنش دهنده محدود کننده و واکنش دهنده اضافی

۶- تعیین بازده واکنش شیمیایی

۷- درک خطاهای مختلف آزمایش

۸- استفاده از کامپیوتر در محاسبات شیمی

۹- بدست آوردن تکنیک های مختلف آزمایشگاهی

۱۰- نحوه انجام یک پروژه کوچک شیمیایی

۱۱- پیوستگی مطالب درسی

مراجع و منابع :

- [۱] راهنمای آزمایشگاه شیمی - تام روسو، ترجمه افسر علیزاده عظیمی، مهین جبل عاملی و بیژن نهضتی، چاپ اول، انتشارات فاطمی ۱۳۸۱
- [۲] رشد آموزش شیمی - دوره بیستم، شماره ۱، پاییز ۱۳۸۵
- [۳] رشد آموزش شیمی - دوره بیست و دوم، شماره ۱، پاییز ۱۳۸۷
- [۴] کتاب درسی شیمی و آزمایشگاه سال سوم