تعیین رابطهٔ استوکیومتری خنثی شدن به روش ترموشیمی

زهرا ارزانی
معلم شیمی ناحیهٔ ۲ کرج

اشاره

ایـن مقاله یـک تحقیق آزمایشـگاهی را بـرای دانش‌آموزان دبیرستانی ارائه می‌دهد که طی آن به روش ترموشیمی با مدل جاب، رابطه استوکیومتری خنثی شدن را بررسی می‌کند. به‌نظر نگارنده مقاله، آمیختن مباحث اسید و باز با مباحث قبلی مانند ترموشیمی باعث تقویت یادگیری می‌شود.

کلیدواژه‌ها: گرماسـنجی، ترموشـیمی، یادگیری براسـاس تحقیق، اسید و باز

مقدمه

با اسـتفادهٔ فعال از دانسته‌های قبلی، یادگیری شیمی افزایش می‌یابـد. تحقیـق آزمایشـگاهی موقعیـت خوبی را بـرای این

نوع یادگیری فراهم می‌کند. همچنین بسیاری از پدیده‌های شیمیایی روزانه می‌توانند برای هدف‌های آموزشی استفاده شود. [۵ ـ ۲] انتظار می‌رود نتیجه این مطالعه نمونهٔ خوبی را برای تنظیم دقیق‌تر برنامه درسی دبیرستان در فرایند یاددهی ـ یادگیری فراهم کند.

تنظیم تحقیق آزمایشگاهی

این طرح برای دانش‌آموزانی است که ساختار مواد، استوکیومتری واکنش‌ها و ترموشیمی را آموخته‌اند و تا حدودی با ساختار اسیدها و بازها آشنایی دارند. در مبحث ترموشیمی، دانش‌آموزان با آنتالپی انحلال سدیم هیدروکسید، آنتالپی خنثی شدن سدیم هیدروکسید با هیدروکلریک اسید و قانون هس آشنا شده‌اند.

هدف‌های رفتاری

در پایان تحقیق دانش‌آموز باید:

- به گرماده بودن واکنش‌ها پی ببرد.
- علت تغییر دما، ناشی از مخلوط کردن حجم‌های مختلف محلول‌هایی با مولاریته یکسان را بفهمد.
- آزمایش را براساس مدل جاب[1] پیشنهاد کند.
- جمع‌آوری داده‌های آزمایش را فرا گیرد.
- با نتیجه‌گیری از فرایند، رابطه استوکیومتری واکنش را مشخص کند.
- آنتالپی واکنش را با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی محاسبه کند.

در این تحقیق به دو سؤال پاسخ داده می‌شود:

ـ تغییر دما هنگام مخلوط کردن آب‌لیمو با سدیم هیدروکسید چگونه است؟

ـ تغییرات دما هنگام مخلوط کردن محلول‌های اسید و باز با مولاریته یکسان چگونه است؟

نخست از دانش‌آموزان خواسته می‌شود ۵mL آب لیموی موجود در بازار را با ۵mL محلول ۰/۵ M سدیم هیدروکسید مخلوط و تغییرات دما را یادداشت کنند.

در مرحله بعد محلول‌های ۰/۵ M هیدروکلریک اسید و ۰/۵ M سدیم هیدروکسید بنا به شکل ۱ مخلوط می‌شوند و دانش‌آموزان باید جدول ۱ را کامل کنند.

شکل ۱

از دانش‌آموزان خواسته می‌شود در گروه‌های خود به بحث در مورد علت تفاوت دما در دو حالت ۱ و ۲ بپردازند. پس از جمع‌بندی نتایج گروه‌ها و اطمینان از یادگیری دانش‌آموزان، موضوع تحقیق «مشخص کردن رابطه استوکیومتری بین $C_6H_8O_7$ و NaOH» اعلام می‌شود. دانش‌آموزان در گروه‌های خود باید روش انجام آزمایش و وسایل و مواد مورد نیاز را پیشنهاد کنند.

پس از ده دقیقه بحث گروهی، روش کار و وسایل و مواد مورد نیاز در اختیار دانش‌آموزان قرار می‌گیرد.

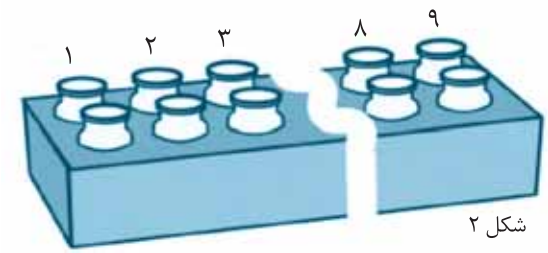
روش انجام این آزمایش شبیه روش‌های قبلی در منابع است [۶ و ۷] اما استفاده کمتر مواد و رنگ‌سنجی مورد توجه قرار گرفته است.

شماره آزمایش	حجم مخلوط		دما		تغییر دما
	HCl(aq)	NaOH(aq)	پیش از مخلوط شدن	پس از مخلوط شدن	ΔT
۱	۸ mL	۲ mL	°C	°C	°C
۲	۶ mL	۴ mL	°C	°C	°C

جدول ۱

روش کار

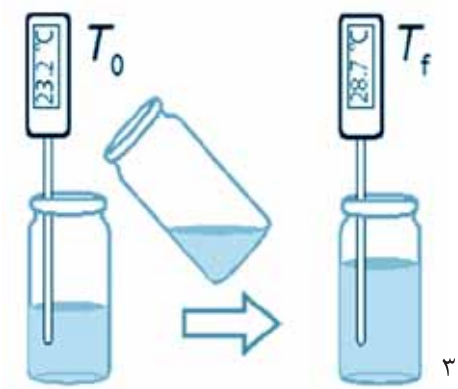
۱. ۱۸ لوله آزمایش بسیار کوچک (یا ظرف نمونه پلاستیکی و کوچک) را در دو ردیف مانند شکل ۲ قرار دهید.



شکل ۲

محلول‌های ۰/۵ M از $C_6H_8O_7$ و ۰/۵ M از NaOH را با نسبت‌های ۱: ۹ در هریک از لوله‌ها بریزید (دمای محلول‌ها به دمای اتاق رسیده و با یکدیگر یکسان است.)

۲. دو محلول ردیف ۱ به هم اضافه می‌شوند به‌طوری که حجم کل در همه نمونه‌ها به ۱۰mL برسد. پیش از اضافه کردن محلول دوم، با استفاده از دماسنج دقیق، دمای محلول اولیه را اندازه‌گیری و یادداشت کنید. پس از افزایش محلول دوم، دمای نهایی محلول را نیز یادداشت کنید.



شکل ۳

جدول زیر را کامل کنید:

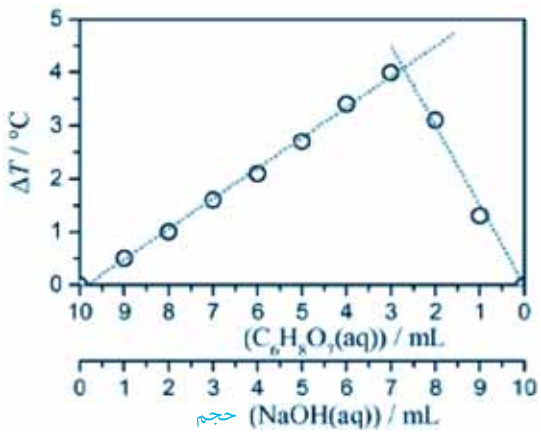
جفت	حجم (mL)		دما		ΔT(°C)
	$C_6H_8O_7$(aq)	NaOH (aq)	T_1	T_2	
۱					
۲					
۳					
٤					
٥					
٦					
۷					
۸					
۹					

جدول ۲

بررسی داده‌ها

دانش‌آموزان در گروه‌های خود، تغییرات دمای محلول در نسبت‌های مختلف را مورد بررسی قرار می‌دهند. از آن‌ها خواسته می‌شود نمودار دما برحسب نسبت حجمی $C_6H_8O_7$ به NaOH را رسم کنند، نمودار ۱.

هنگام بررسی نمودار، در هر طرف، تغییرات مهمی مشاهده می‌شود. یک رابطه خطی بین نسبت محلول‌ها و تغییرات دما وجود دارد. از آنجا که در بخش مقدمه، دانش‌آموز یاد گرفته است که بیشترین تغییرات دما زمانی رخ خواهد داد که نسبت استوکیومتری رعایت شده باشد، نقطه ماکزیمم نمودار مشخص می‌شود.



نمودار ۱

همه گروه‌ها باید نسبت ۱: ۳ برای $C_6H_8O_7$:NaOH را به‌دست آورند و به معادله زیر برسند:

$$C_6H_8O_7(aq)+3NaOH(aq)\rightarrow 3H_2O(l)+Na_3C_6H_5O_7(aq)$$

سپس فرمول ساختاری و نام شیمیایی سیتریک اسید رسم و سه گروه کربوکسیلیک اسید در ترکیب برای دانش‌آموزان مشخص می‌شود.

نکته‌های ایمنی

هر دو محلول در تماس با پوست، چشم یا در اثر بلعیدن، مشکل‌آفرین هستند. پس از دانش‌آموزان بخواهید در جریان آزمایش، از دستکش و عینک ایمنی استفاده کنند.

محاسبات بعد از انجام آزمایش

ثابت کالبیراسیون (K)ـ که جبران گرمای از دست رفته در طول اندازه‌گیری است ـ تقریباً ۱/۲ تا ۱/٤ در نظر گرفته می‌شود.

از دانش‌آموزان بخواهید ΔH واکنش را بنا به این فرمول محاسبه کنند:

$$\Delta H(KJ/mol)=-\frac{m(g)\times\frac{C_p\,(J/kg)}{1000}\times\Delta T}{\frac{V_{NaOH}\,(mL)}{1000}\times C(mol/L)}\times K \qquad (1)$$

m=۱۰g جرم محلول (چگالی یک فرض می‌شود).

ظرفیت گرمای ویژه برابر آب فرض می‌شود.

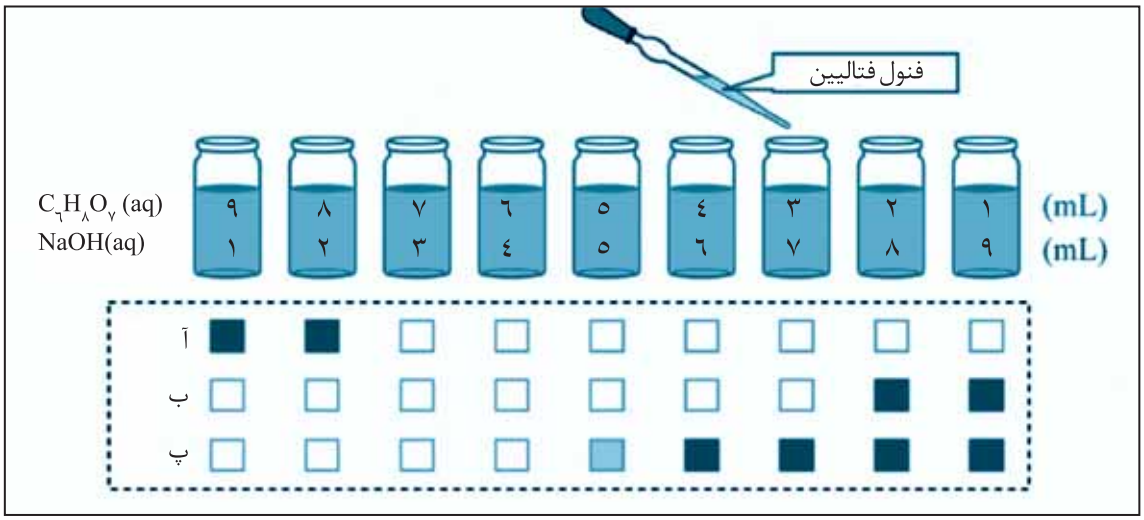
C_p=٤/۱۸ J(Kg)-۱

بازخورد

اگرچه عدد دقیق برای ΔH انتظار نمی‌رود اما مقدار ۵۰- تا ٦۰- کیلو ژول بر مول گزارش شده که قابل قبول است. از دانش‌آموزان خواسته شد تا علت رابطه خطی تغییرات دما را با توجه به معادله (۱) توضیح دهند.

نکته: ΔH خنثی شدن براساس تغییرات آنتالپی هنگام تشکیل یک مول H_2O از واکنش بین H^+ و OH^- است. بنابراین در این واکنش، تغییرات دما با حجم یکی از واکنش‌دهنده‌ها رابطه مستقیم دارد که معادل تولید آب است. گرمای واکنش در نقطه تقاطع بین دو خط در نمودار، به ازای مصرف تعداد مول‌های سود موجود در ظرف است که با تعداد مول‌های آب آزاد شده برابر است. بنابراین رابطه Q=mcΔt در معادله (۱) بر تعداد مول سود تقسیم می‌شود تا مقدار گرما برای تشکیل یک مول آب به‌دست آید، یعنی خواهیم داشت:

گرما Q	مول سود M.V
ΔH	X



از دانش‌آموزان خواسته می‌شود تغییر رنگ هر لوله آزمایش را با افزودن فنول فتالیین پیش‌بینی و از بین سه ردیف آ، ب، پ، یکی را انتخاب کنند و علت انتخاب خود را توضیح دهند.

در پایان، محلول ۰/۵ M سیتریک اسید با محلول ۰/۵ M سدیم هیدروکسید در حضور فنول فتالیین تیتر می‌شود تا استوکیومتری محاسبه شده با روش جاب تأیید شود.

خلاصه

در تدریس شیمی دبیرستان از تحقیق آزمایشگاهی «مشخص کردن رابطه استوکیومتری سیتریک اسید و سدیم هیدروکسید با استفاده از مبحث ترموشیمی» می‌توان استفاده کرد که طی آن دانش‌آموزان از آموخته‌های شیمی خود به‌صورت فعال استفاده می‌کنند.

*** پی‌نوشت**

1. Job

*** منابع**

1. www.wpi.edu/academics/cbc/General/jobsmethod.html. www.uaa.alaska.edu/.../Lab 11_106L_Sp.
2. Koga, N.; Kimura, T.; Shigedomim K. *J. Chem. Educ.* **2011**, 88(9), 1309-1313.
3. Koga, N.; Shigedomi, K.; Kimura, T.; Tatsuoka, T,; Mishima, S. *J. Chem. Educ.* **2013**, 90(5), 637-641.