اشتباه نکنید!

پروتون محلول در آب، H_3O^+ نیست!

ترجمه: غلامرضا براکوهی
معلم شیمی مشهد

چکیده
کارشناسان و پژوهشگران بر این باورند که درست نوشتن شکل ترکیب‌ها در واکنش‌ها، راه را برای تعیین سازوکار درست واکنش هموار می‌کند. در این مقاله، چالش میان دو دسته از دانشمندان دربارهٔ شکل درست یون هیدروژن در محلول‌های آبی مطرح می‌شود.

کلیدواژه‌ها: یون هیدرونیوم، یون هیدروژن آب پوشیده

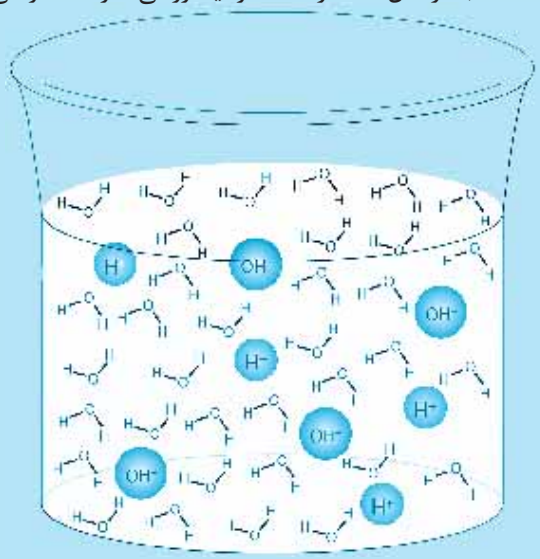
مقدمه

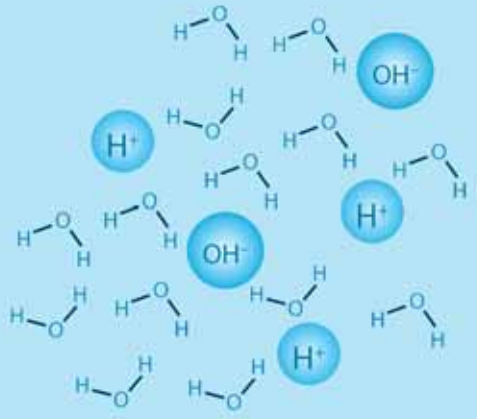
الت[1] در مقاله‌ای که در مجلهٔ آموزش شیمی[2]، با عنوان «آموزش سازوکار در شیمی آلی» به اهمیت شیوهٔ نوشتن ساختار ترکیب‌های آلی می‌پردازد و نگرانی خود را از نوشتن شکل درست و غالب یونیده شدن، با توجه به pH محلول‌های آبی، یادآور می‌شود. برای نمونه می‌گوید کربوکسیلیک اسیدهای محلول در آب با pH بزرگ‌تر از ۶، به‌طور عمده بدون پروتون - به‌صورت $RCOO^-$، و نه RCOOH- هستند.

آمین‌ها نیز در pH کوچک‌تر از ۸، به‌صورت RNH_3^+ پروتون‌دار می‌شوند و نباید به‌صورت RNH_2 نوشته شوند. او از به‌کارگیری H_3O^+، به‌جای $H^+(aq)$ طرفداری می‌کند اما مور[3] و همکارانش در مورد مشابهی در همین مجله، استدلال کاملاً متضادی را مطرح می‌کنند زیرا بر این باورند که وجود کاتیون چنداتمی H_3O^+ در محلول آبی واقعیت ندارد در حالی که، استفاده از یون مثبت آب پوشیده ساده‌تر و واقعی‌تر است. در طرفداری و استفاده از $H^+(aq)$، دلیل موافقی با مور و همکارانش وجود دارد.

بحث

تاد پی. سیلوراشتاین[4] نویسندهٔ مقالهٔ حاضر، از نگرانی الت دربارهٔ چگونه نوشتن شکل‌های درست یون‌های آب پوشیده قدردانی می‌کند و می‌گوید: «نمی‌توانم بگویم تاکنون چندبار شاهد ناباوری همکاران و دانشجویان بوده‌ام وقتی اصرار می‌کنم کربوکسیلیک اسیدها با pH بیشتر از ۶، باید به‌صورت RCOO- نوشته شوند و نه به‌صورت: RCOOH. به‌همین ترتیب، شکل درست نوشتن آمین‌ها با pH کمتر از ۸، RNH_3^+ است و نه به‌صورت: RNH_2.» او توضیح می‌دهد که ما در واقع به نوشتن شکل خنثای این ترکیب‌ها وسوسه می‌شویم زیرا این کار، آسان‌تر است و از سوی دیگر، شکل غالب این مواد در حلال‌های غیرقطبی - که در آن به‌صورت محلول هستند- به‌همین صورت است. به‌هر حال، الت در مقالهٔ خود یادآور می‌شود که: «وقتی





وجود کاتیون چنداتمی H_3O^+ در محلول آبی واقعیت ندارد در حالی‌که، استفاده از یون مثبت آب‌پوشیده ساده‌تر و واقعی‌تر است

شما نوشتن یک واکنش را با ساختار مولکولی نادرست شروع می‌کنید، نمی‌توانید سازوکار درستی برای آن بنویسید.»

به‌نظر مضحک می‌رسد در مجله‌ای که مقالهٔ الت چاپ شده مقالهٔ مشابهی از مور و همکارانش در رد آن آمده باشد. مور و همکارانش در این مقاله با عنوان «تاریخچهٔ پیدایش مفهوم یون هیدروژن» در استفاده از H_3O^+ به‌جای H^+، به‌عنوان دلیل به موازنهٔ واکنش‌ها استدلال می‌کنند. نویسنده می‌گوید: «من درک نمی‌کنم چرا الت و برخی دیگر این روش را قبول می‌کنند... در واقع آن‌ها می‌خواهند نشان دهند که H^+ به‌سادگی از اسید پروتون‌دار جدا نمی‌شود، بلکه بایستی به کمک یک باز جدا شود و در آب، همان H_2O باز است.»

به‌هر حال الت نوشته است: «از آنجا که پروتون برهنه در فاز تغلیظ شده وجود ندارد... نمی‌تواند در موازنهٔ معادله‌ها یا سازوکارها استفاده شود. ولی با این استدلال، H_3O^+ نیز نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، زیرا این یون هم در محلول آبی حضور ندارد.»

مور و همکارانش گزارش بسیار خوبی از تاریخچهٔ نام‌گذاری $H^+(aq)$ در دست‌نوشته‌ها ارائه کرده‌اند. داده‌های تجربی مدل‌هایی را برای پروتون آب پوشیده تأیید می‌کنند که در آن‌ها آب‌پوشی شامل لایه‌هایی از دو، چهار و خوشه‌های بزرگی از بیست مولکول آب است! در حالی‌که شواهد تجربی که از وجود H_3O^+ در محلول آبی حمایت کند، وجود ندارد.

موضوع دیگری که باید به آن توجه داشت این است که وقتی در مورد یون‌های دیگر، ما تعداد مولکول‌های آب و لایه‌های آب‌پوشی را برای آن‌ها تعیین نمی‌کنیم، پس چرا برای $H^+(aq)$ به‌گونه‌ای دیگر رفتار می‌کنیم؟ برای نمونه، برای $Cu^{2+}(aq)$ نمی‌نویسیم: $CuH_8O_4^{2+}$، و برای $Co^{2+}(aq)$ هم نمی‌نویسیم: $CoH_{12}O_6^{2+}$. پس چرا باید برای $H^+(aq)$ چنین بنویسیم: H_3O^+ یا $H_5O_2^+$؟

الت و دیگران استدلال می‌کنند که وقتی اسیدی در آب یونیده می‌شود، ما بایستی یک مولکول آب را به‌عنوان باز در نظر بگیریم که در نتیجهٔ آن، H_3O^+ تشکیل می‌شود. با این حال مور و همکارانش در مقابل مطرح می‌کنند که این ذره شامل خوشه‌ای با تعداد نامعین از مولکول‌های آب است و ما را کاملاً متقاعد می‌کنند که این خوشه مبتنی بر آبِ پروتون‌دار شده بایستی به‌صورت $H^+(aq)$ نشان داده شود.

در واکنش یونیده شدن اسیدها چنین داریم:

$$RCOOH(aq) \xrightarrow{H_2O} RCOO^-(aq) + H^+(aq)$$

H_2O بالای پیکان، بر خوشهٔ آب به‌عنوان یک باز دلالت دارد و $H^+(aq)$ یا پروتون آب‌پوشیده نیز به‌عنوان فراورده است. این روش نسبت به H_2O/H_3O^+ دو برتری دارد؛ ساده‌تر و واقعی‌تر است.

مور و همکارانش بر این باورند که براساس تجربیات آموزشی و دورنمای فلسفی آن، ما بایستی استفاده از H_3O^+ را در حمایت از $H^+(aq)$، کنار بگذاریم. «مفهوم ساده و سبک‌بار پروتون که در آغاز نیز مورد استفاده قرار می‌گرفت، هنوز هم سودمندی خود را حفظ کرده است. پس اگر این مفهوم، مناسب است سعی نکنید آن را درست کنید!» بلکه آن را حفظ و حمایت کنید.

*** پی‌نوشت‌ها**

1. Ault
2. Chemical education
3. Moor
4. Silverstein, T.P.

*** منبع**

Silverstein, T.P. J. Chem. Educ. 2011, 88, 875.