

## سایت مکتبستان

مشاوره و برنامه ریزی  
کنکور سراسری

مدیریت:  
دکتر کاویانی

جزوات و پکیج های  
کنکوری

تیم رانشجویان

پژشگ و مهندسی



مکتبستان

برای برنامه ریزی  
تماس بگیرید:

Tel: 0935-588-5300

www.ShimiPedia.ir

## به نام خدا

### «مشت نمونه‌ی فروار ...»

مکتوبی که در دست شماست، نمونه‌ای از کتاب شیمی پیش‌دانشگاهی ۲ از مجموعه کتاب‌های پله‌ی اول است. این مجموعه کتاب‌ها شامل آموزش پلکانی و آزمون‌های پلکانی می‌باشند که بر اساس فرایند علمی فراگیری تألیف شده‌اند. از شما دعوت می‌کنیم نمونه‌ی حاضر را بررسی کرده، عیار کار را بسنجید. ما منتظر پیشنهادات و انتقادات شما هستیم.

تلفن پاسخ‌گویی: ۰۲۱ - ۶۶۹۲۶۰۶۱  
پست الکترونیک: phare.pub@gmail.com  
سندوق پستی: تهران ۷۹۷ - ۱۳۱۸۵ - انتشارات علمی فار

## راهنمای کاربرد مجموعه کتاب‌های پله‌ی اول

ساختار این کتاب‌ها برپایه‌ی الگوی پلکانی فراگیری درس‌هایی مانند فیزیک، شیمی و ریاضی شکل گرفته است؛ به گونه‌ای که شما با مطالعه‌ی هدفمند این مجموعه کتاب‌ها می‌توانید پله‌های فراگیری فیزیک را یکی یکی ببینید. واضح است که جایگاه نهایی شما بستگی به دو عامل پایه‌ی علمی اولیه و زمانی که صرف می‌کنید خواهد داشت. در این جا قصد داریم روش پیمودن پلکان‌های این کتاب را برایتان بازگو کنیم:

### ۱ - معرفی بخش

هر بخش از ۲ پلکان ساخته شده است: ۱ - الف) پلکان آموزش و پاسخ تست‌های آموزشی آن  
۱ - ب) پلکان آزمون و پاسخ تست‌های آزمون‌های این پلکان

#### ۱ - الف) آشنایی با پلکان آموزش:

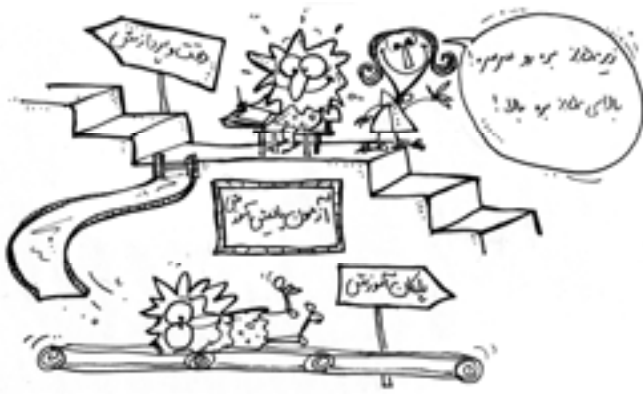
در این پلکان به تناوب پس از مطالعه‌ی هر قسمت از درس (که در قالب متن، نکته، مثال و نمونه... آورده می‌شود) به تست‌های آموزشی می‌رسید. هرگاه به این تست‌ها رسیدید، بدون گرفتن زمان، تست‌ها را خودتان پاسخ دهید (بدانید که بهترین معلومات، آنهایی است که خود فراگرفته‌اید)؛ پس از پاسخ‌گویی به هر تست پاسخ تشریحی آنرا بخوانید و با پاسخ خودتان مقایسه کنید. در پایان پلکان آموزش انتظار می‌رود شما به آمادگی نسبی رسیده باشید و بتوانید در یک آزمون ساده‌ی تستی امتیاز بالاتر از ۵۰ درصد به‌دست آورید.



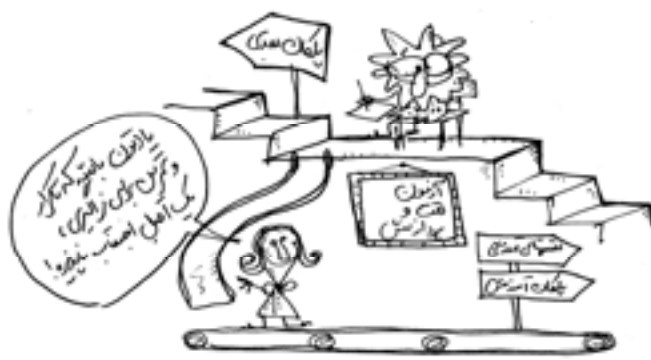
تست‌های آموزشی را در جای خودشان پاسخ دهید نه در انتهای بخش یا هر وقت دیگر.

#### ۱ - ب) آشنایی با پلکان آزمون:

این پلکان حداقل ۱ و حداکثر ۲ آزمون دارد: ۱ - ب - ۱) آزمون پایش آموزش  
۱ - ب - ۲) آزمون دقت و پردازش



۱ - ب - ۱) آزمون پایش آموزش: زمان پیشنهادی این آزمون حدوداً ۲ برابر زمان استاندارد و سطح دشواری این آزمون پایین تر از متوسط است؛ لذا انتظار می رود در این آزمون امتیاز بالاتر از ۵۰ درصد کسب کنید. شما اگر آزمون پایش آموزش را در زمان پیشنهادی، کم تر از ۵۰ درصد زده اید، بدانید هنوز مفاهیم اولیه ی بخش را خوب درک نکرده اید و «باید دوباره پلکان آموزش این بخش را با دقت بیشتر بخوانید.» در چنین مواقعی ناامید نشوید و به یاد داشته باشید تکرار و تمرین انسان را استاد می کند.<sup>۱</sup>



۱ - ب - ۲) آزمون دقت و پردازش: زمان پیشنهادی این آزمون تقریباً ۱/۵ برابر زمان استاندارد و سطح دشواری آن متوسط است. کسانی که این آزمون را در زمان پیشنهادی، بالای ۵۰ درصد بزنند، مجاز خواهند بود به پلکان بعدی صعود کنند. اما درصد زیر ۵۰ نشانه ی نرسیدن به آمادگی نسبی در تست زنی است. اگر شما نیز در این آزمون امتیازتان کم تر از ۵۰ درصد شد، به این توصیه ی مهم عمل کنید: «قبل از این که به پلکان بعدی بروید یک بار دیگر مثال های پلکان آموزش را بررسی کنید و تست های آموزشی این پلکان را (این بار با گرفتن زمان) پاسخ دهید.»

## ۲ - معرفی آزمون های جامع

در قسمت پایانی هر فصل یک یا دو آزمون جامع طرح شده است. سعی شده است سطح این آزمون ها در محدوده ی متوسط تا دشوار یک آزمون استاندارد تستی باشد. زمان این آزمون برابر زمان استاندارد پیش بینی شده است.

توصیه ی مشاور: تشخیص تست های دشوار از لابه لای تست های رایج و عبور از آنها در آزمون کنکور یک مهارت و هنر است. مشاوران آموزشی توصیه می کنند در هنگام آزمون دادن بار اول تست های آسان و متوسط را پاسخ دهید و تست های دشوار را شناسایی و نشان دار کنید. فراموش نکنید که در آزمون هایی شبیه کنکور امتیاز همه ی تست ها یکسان است، یعنی یک تست سخت همان اندازه ارزش دارد که یک تست آسان. بنابراین اگر به جای یک تست سخت چند تست آسان و متوسط پاسخ دهید به نفعتان است.



## اسیدها و بازها

۱

### فهرست:

بخش ۱:	ویژگی‌های عمومی اسیدها و بازها	۲
بخش ۲:	نظریه‌های مختلف درباره‌ی اسیدها و بازها	۶
بخش ۳:	قدرت اسیدها و بازها	۴۰
بخش ۴:	pH	۸۱
بخش ۵:	آبکافت یا هیدرولیز	۱۳۸
بخش ۶:	محلول‌های بافر	۱۶۴
بخش ۷:	اسیدها و بازهای آلی	۱۸۸
بخش ۸:	سنجش حجمی اسید و باز	۲۳۱
آزمون جامع ۱		۲۵۲
آزمون جامع ۲		۲۶۰
فراآزمون		۲۶۸



### شناسنامه‌ی فصل:

سال	۸۵	۸۶	۸۷
آزمون سراسری ریاضی	٪۸/۶	٪۸/۸	٪۸/۶
آزمون سراسری تجربی	٪۸/۶	٪۸/۸	٪۸/۶
آزمون آزاد ریاضی (نوبت صبح)	٪۱۶/۷	٪۱۳/۳	٪۱۲
آزمون آزاد ریاضی (نوبت عصر)	٪۲۰	٪۱۳/۳	٪۸
آزمون آزاد تجربی	٪۶/۷	٪۱۳/۳	٪۱۵
آزمون آزاد پزشکی	٪۲۰	٪۱۶/۷	٪۱۲

شیمی اسیدها و بازها، کاربردهای گوناگون در طبیعت و در زندگی روزمره، دارد. سیستم‌های پیچیده‌ای در بدن ما هست که اسیدیته‌ی خون ما را به دقت، کنترل می‌کند. حتی تغییر اندک آن ممکن است به بیماری یا حتی مرگ بینجامد. همین اهمیت در شکل‌های دیگر حیات، وجود دارد. اگر ماهی‌های مناطق گرمسیری را با ماهی طلایی، در یک آکواریوم نکه می‌دارید می‌دانید که بررسی اسیدیته‌ی آب آکواریوم و کنترل آن، چه قدر مهم است. اسیدها و بازها در صنعت نیز اهمیت دارند. برای نمونه مقایسه‌ی زیاده‌سولفوریک اسید که هر سال تولید می‌شود، برای تولید کودها، بسیاری، فولاد و بسیاری از مواد دیگر، لازم است.

تعداد تست‌های مثال	تعداد تست‌های آموزش	تعداد تست‌های آزمون	تعداد کل تست‌ها
۱۹۴	۲۸۶	۲۷۳	۷۵۳

۴۰ پلکان آموزش

۴۰ درجه‌ی یونش یا درجه‌ی تفکیک یونی ( $\alpha$ )

۴۵ ثابت یونش (K)

۵۹ ثابت یونش آب ( $K_w$ )

۶۳ اسیدهای چند پروتون‌دار

۷۱ پاسخ تست‌های پلکان آموزش

۷۵ پلکان آزمون

۷۸ پاسخ‌های پلکان آزمون

# بخش ۳

## قدرت اسیدها و بازها

### پلکان آموزش

### ۱ - درجه‌ی یونش یا درجه‌ی تفکیک یونی ( $\alpha$ )

برای مقایسه‌ی اسیدها (و بازها) از نظر قدرت یونش می‌توان از مقیاسی به نام درجه‌ی یونش یا درجه‌ی تفکیک یونی استفاده کرد که به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\alpha = \frac{\text{تعداد مول‌ها یا مولکول‌های یونیده شده}}{\text{تعداد کل مول‌ها یا مولکول‌های حل شده}} \quad (\text{درجه‌ی یونش})$$

توجه: دامنه‌ی تغییرات درجه‌ی یونش بین صفر تا یک است ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ).

درجه‌ی یونش نمایانگر این است که چه کسری از مولکول‌های حل شده، یونش یافته‌اند. اگر درجه‌ی یونش را در ۱۰۰ ضرب کنیم، درصد یونش به دست می‌آید.

$$100 \times (\text{درجه‌ی یونش}) = \alpha \quad (\text{درصد یونش})$$

توجه: دامنه‌ی تغییرات درصد یونش بین صفر تا ۱۰۰ است.

۱ در محلول  $1/\text{mol.L}^{-1}$  هیدروفلوئوریک اسید (HF) از هر ۱۰۰۰ مولکول ۲۴ مولکول آن یونیده می‌شود و بقیه یعنی ۹۷۶ مولکول به صورت یونیده نشده در آب باقی می‌مانند. درجه یونش و درصد یونش این اسید را به دست آورید.

$$\alpha = \frac{24}{1000} = 0.024 \quad (\text{درجه‌ی یونش})$$

$$\alpha \% = \alpha \times 100 = 0.024 \times 100 = 2.4 \quad (\text{درصد یونش})$$

۲ اگر در محلول ۰/۱ مولار اسید ضعیف HA در دمای معین، ۰/۰۹۸ مول اسید به صورت مولکولی وجود داشته باشد، درجه‌ی یونش آن در این دما، کدام است؟

- (۱) ۰/۰۱ (۲) ۰/۰۲ (۳) ۰/۸۸ (۴) ۰/۹۸ (سراسری - تجربی - ۷۴)

اگر حجم محلول را یک لیتر فرض کنیم، می‌توان نوشت:

تعداد مول‌های یونیده نشده - کل مول‌های حل شده = تعداد مول‌های یونیده شده

$$= 0.1 - 0.098 = 0.002$$

$$\alpha = \frac{\text{تعداد مول‌های یونیده شده}}{\text{تعداد کل مول‌های حل شده}} = \frac{0.002}{0.1} = 0.02 \quad (\text{درجه‌ی یونش})$$

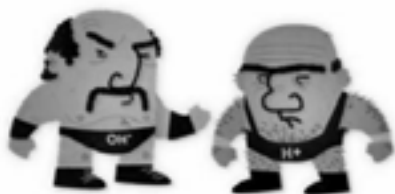
پس گزینه‌ی ۲ درست است.



اسید قوی



اسید ضعیف



اسید و باز قوی

کمترین و بیشترین درصد تفکیک یونی برای یک ماده‌ی محلول در آب، به ترتیب چه قدر است؟

- (۱) ۰٪، ۱۰۰٪ (۲) ۰٫۱٪، ۹۹٪ (۳) ۰٫۱٪، ۹۰٪ (۴) ۰٫۰۰۱٪، ۸۰٪

بدون شرح! پس گزینه‌ی ۱ درست است.

هرچه یک اسید یا باز قوی‌تر باشد، بیشتر یونش می‌یابد و درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) آن بزرگ‌تر بوده و به یک نزدیک‌تر است. از سوی دیگر هرچه اسید یا باز ضعیف‌تر باشد، کم‌تر یونش می‌یابد و درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) آن کوچک‌تر بوده به صفر نزدیک‌تر است.

در مورد اسیدهای قوی یا بازهای قوی، که بر اثر حل شدن در آب تقریباً به‌طور کامل یونش می‌یابند، درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) را برابر یک فرض می‌کنیم. پس بهتر است اسیدها و بازهای قوی را بشناسیم (حتماً آن‌ها را به‌خاطر بسپارید).

اسیدهای قوی:  $\text{HNO}_3$ ،  $\text{HClO}_4$ ،  $\text{HCl}$ ،  $\text{HBr}$ ،  $\text{HI}$ ،  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ،  $\text{HClO}_4$

بازهای قوی:

$\text{CsOH}$ ،  $\text{RbOH}$ ،  $\text{KOH}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{LiOH}$  ،  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ،  $\text{Sr}(\text{OH})_2$ ،  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

هیدروکسید فلزات گروه ۱

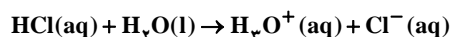
هیدروکسید فلزات گروه ۲ از Ca به پایین

توجه: اکسید فلزات گروه ۱ و ۲ (به‌جز Be و Mg) نیز در آب، باز قوی به شمار می‌آیند زیرا از انحلال آن‌ها در آب، هیدروکسیدهای فوق به‌دست می‌آید.

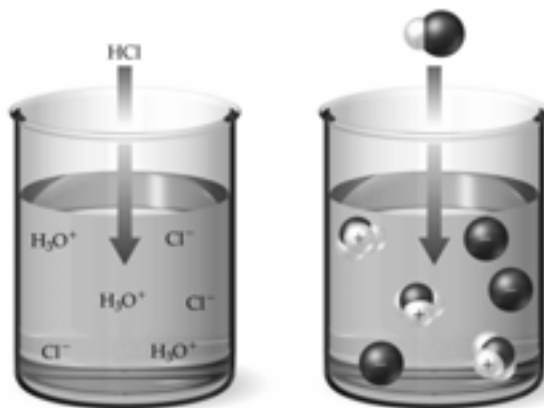
### طبقه‌بندی اسیدها و بازها:

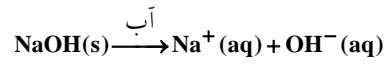
اسیدها و بازها را بر مبنای میزان یونش یا تفکیکی که به هنگام حل شدن در آب دارند دسته‌بندی می‌کنند، اسیدها و بازهای قوی بر اثر حل شدن در آب تقریباً به‌طور کامل یونش می‌یابند، در حالی که اسیدها و بازهای ضعیف بر اثر حل شدن در آب به‌طور جزئی یونیده می‌شوند.

توجه: در معادله‌ی تفکیک یا یونش اسیدها و بازهای قوی معمولاً از نماد  $(\rightarrow)$  استفاده می‌شود، که نشان دهنده‌ی کامل بودن واکنش است.

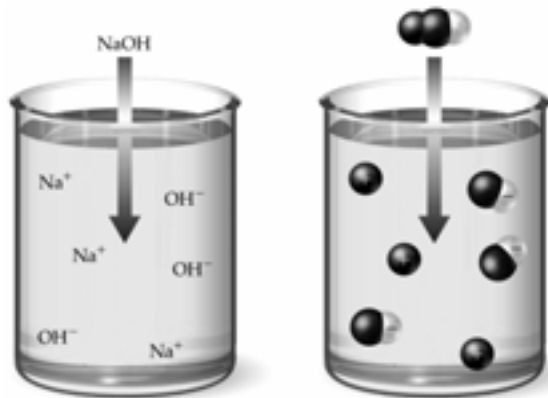


هیدروکلریک اسید

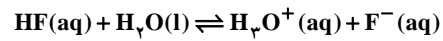




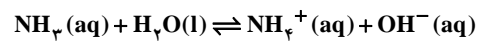
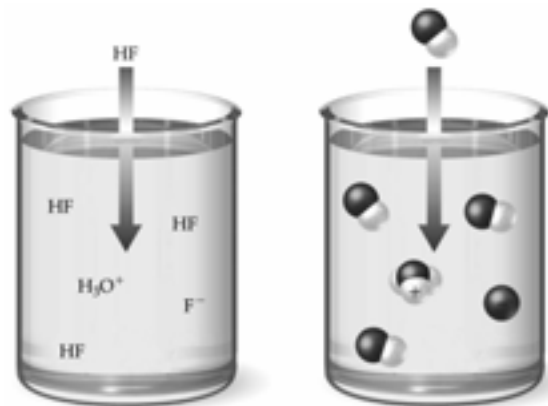
سدیم هیدروکسید



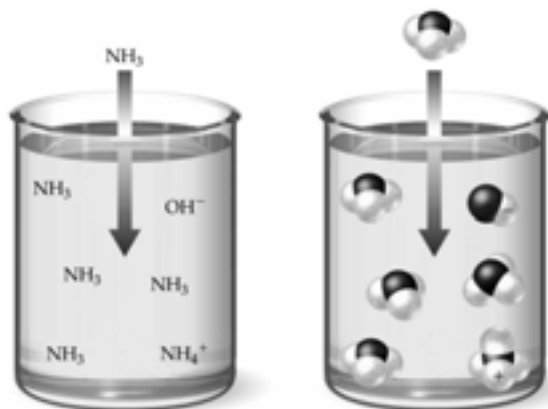
درحالی‌که در معادله‌ی تفکیک یا یونش اسیدها و بازهای ضعیف (که به‌طور جزئی یونیده می‌شوند) از نماد واکنش‌های تعادلی ( $\rightleftharpoons$ ) استفاده می‌شود:



هیدروفلوئوریک اسید



آمونیاک





(کارشناسی ارشد - ۶۵)

۱۲ قدرت اسیدی یک اسید به کدام عامل بستگی دارد؟

- (۱) غلظت اسید  
(۲) حلالیت اسید در آب  
(۳) یونش اسید در آب  
(۴) تعداد هیدروژن موجود در اسید

بدون شرح! پس گزینه ی ۳ درست است.

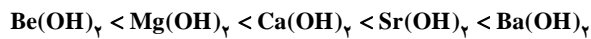
## مقایسه ی قدرت بازی در هیدروکسیدهای گروه ۱ و ۲

در مورد قدرت بازی هیدروکسیدهای گروه های ۱ و ۲ باید به دو نکته ی زیر توجه نمود:  
۱- در هیدروکسیدهای گروه های ۱ و ۲، از بالا به پایین قدرت بازی افزایش می یابد. زیرا از بالا به پایین با افزایش شعاع یونی، چگالی بار الکتریکی کاهش یافته و جاذبه ی آنها با یون  $\text{OH}^-$  نیز کم می شود. لذا یون  $\text{OH}^-$  آسان تر جدا می شود و قدرت بازی افزایش می یابد.  
قدرت بازی هیدروکسیدهای گروه ۱:



بازهای قوی

قدرت بازی هیدروکسیدهای گروه ۲:



بازهای ضعیف

بازهای قوی

۲- قدرت بازی هیدروکسیدهای گروه دوم از هیدروکسیدهای گروه اول کم تر است. زیرا چگالی بار الکتریکی کاتیون های گروه دوم در مقایسه با کاتیون های گروه اول بیشتر است و پیوندهای قوی تری با یون های  $\text{OH}^-$  ایجاد می کنند. لذا یون های  $\text{OH}^-$  مشکل تر جدا می شوند.

قدرت بازی:  $\text{NaOH} > \text{Mg}(\text{OH})_2$

قدرت بازی:  $\text{KOH} > \text{Ca}(\text{OH})_2$



۵ تغییرات قابلیت حل شدن و قدرت بازی هیدروکسید فلزهای قلیایی خاکی با افزایش

(آزاد - غیرپزشکی - ۷۴)

شعاع یونی کدام است؟

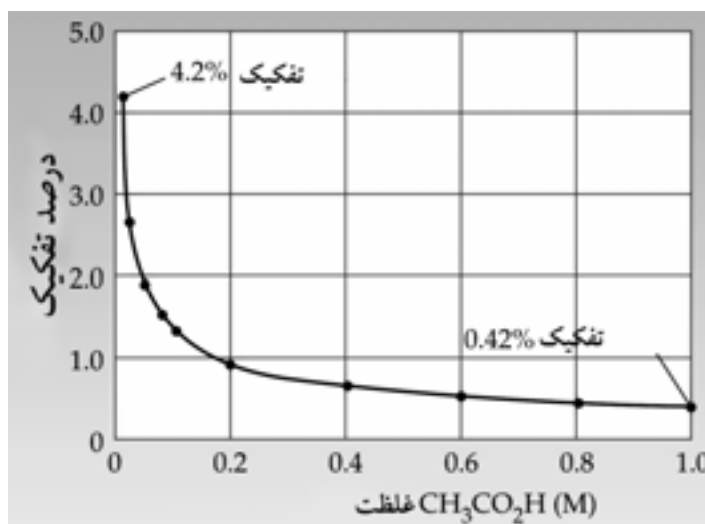
- (۱) کاهش، کاهش  
(۲) افزایش، کاهش  
(۳) کاهش، افزایش  
(۴) افزایش، افزایش

بدون شرح! پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۶ میزان انحلال‌پذیری یک اسید یا یک باز را نباید معادل قدرت آن‌ها به شمار آورد. برای مثال

بازهایی مانند  $\text{Ba(OH)}_2$ ،  $\text{Sr(OH)}_2$  و  $\text{Ca(OH)}_2$  اگرچه انحلال‌پذیری کمی در آب دارند ولی همان مقدار کمی که در آب حل می‌شوند به‌طور کامل تفکیک شده و مقدار کافی یون هیدروکسید  $(\text{OH})^-$  در محلول آزاد می‌کنند به همین دلیل باز قوی به شمار می‌آیند.

در اسیدها و بازهای ضعیف، درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) با غلظت مولی رابطه‌ی عکس دارد. به عبارت دیگر در اسیدها و بازهای ضعیف، با کاهش غلظت، درجه‌ی یونش افزایش و با افزایش غلظت، درجه‌ی یونش کاهش می‌یابد.



۷ در اسیدها و بازهای قوی، درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) را می‌توان مستقل از غلظت در نظر گرفت

به عبارت دیگر درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) اسیدها و بازهای قوی با تغییر غلظت، تغییر نسبتاً ناچیزی می‌کند.

(آزاد - پزشکی - ۷۴ و ۷۵)

۱ - درجه‌ی تفکیک یونی یک الکترولیت برابر است با نسبت عده‌ی مول‌های .....

- (۱) تفکیک نشده به عده‌ی مول‌های تفکیک شده  
(۲) تفکیک شده به عده‌ی مول‌های تفکیک نشده  
(۳) تفکیک شده به عده‌ی کل مول‌های حل شده  
(۴) تفکیک نشده به عده‌ی کل مول‌های حل شده

۲ - در صورتی که از هر ۱۰۰۰ مولکول استیک اسید، ۹۸۶ مولکول در محلول به صورت مولکول باقی بماند، درصد یونش آن کدام است؟

(آزاد - ریاضی - ۶۶)

- (۱) ۰/۹۸۶ (۲) ۱/۴ (۳) ۹/۸۶ (۴) ۱۴

(کارشناسی ناپیوسته - ۶۸)

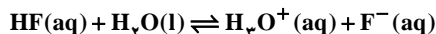
۳ - قدرت بازی یک ماده، به کدام عامل بستگی دارد؟

- (۱) تعداد عامل بازی در هر مولکول آن  
(۲) جرم حجمی آن  
(۳) درجه یونش آن در آب  
(۴) میزان حلالیت آن در آب

## ۲- ثابت یونش (K)

۲-۱- ثابت یونش اسیدها (K<sub>a</sub>)

واکنش یونش هیدروفلوئوریک اسید (HF) در آب را در نظر بگیرید:



اسید مزدوج      باز      اسید مزدوج      باز

برای این واکنش تعادلی می‌توان رابطه‌ی زیر را نوشت:

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}][\text{H}_2\text{O}]}$$

از آنجا که غلظت آب ثابت است، بنابراین با یک جابه‌جایی در معادله‌ی بالا خواهیم داشت:

$$K_a = K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]}$$

به K<sub>a</sub>، ثابت یونش هیدروفلوئوریک اسید گفته می‌شود.

کدام گزینه ثابت یونش هیدروسیانیک اسید (HCN)(aq) را به‌درستی نشان می‌دهد؟

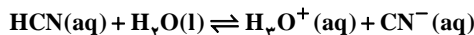
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})][\text{CN}^-(\text{aq})]}{[\text{HCN}(\text{aq})]} \quad (۲)$$

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})][\text{CN}^-(\text{aq})]}{[\text{HCN}(\text{aq})][\text{H}_2\text{O}(\text{l})]} \quad (۱)$$

$$K_a = \frac{[\text{HCN}(\text{aq})]}{[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})][\text{CN}^-(\text{aq})]} \quad (۴)$$

$$K_a = \frac{[\text{HCN}(\text{aq})][\text{H}_2\text{O}(\text{l})]}{[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})][\text{CN}^-(\text{aq})]} \quad (۳)$$

رابطه‌ی ثابت یونش برای هیدروسیانیک اسید به‌صورت زیر است:

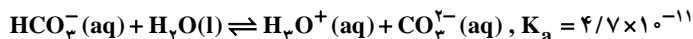


$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]}$$

پس گزینه‌ی ۲ درست است.

مقدار K<sub>a</sub> به دما بستگی دارد. به بیان دیگر مقدار K<sub>a</sub> فقط با تغییر دما تغییر می‌کند و با تغییر غلظت اسید یا تغییر غلظت یون‌های آن تغییری نمی‌کند.

با توجه به واکنش زیر، کدام عبارت درست نیست؟



(۱) با توجه به مقدار K<sub>a</sub> غلظت یون‌های CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> کم‌تر از HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> است.

(۲) نقش اسید برونستد را ایفا می‌کند.

(۳) با اضافه کردن اسید، تعادل فوق به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و مقدار K<sub>a</sub> کاهش می‌یابد.

(۴) واکنش برگشت نیز یک واکنش اسید-باز است.

اگرچه با اضافه کردن اسید، غلظت یون H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> افزایش یافته و تعادل فوق طبق اصل لوشاتلیه در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود ولی مقدار K<sub>a</sub> تغییری نمی‌کند. زیرا مقدار K<sub>a</sub> فقط با تغییر دما تغییر می‌کند و در این واکنش دما ثابت است.

پس گزینه‌ی ۳ درست است.

سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌کنیم:

۱ چون مقدار عددی  $K_a$  خیلی کوچک است نتیجه می‌گیریم که غلظت فرآورده‌ها ( $\text{CO}_3^{2-}$  و  $\text{H}_2\text{PO}_4^+$ ) از واکنش‌دهنده ( $\text{HCO}_3^-$ ) کم‌تر است.

۲  $\text{HCO}_3^-$  با دادن پروتون ( $\text{H}^+$ ) به  $\text{H}_2\text{O}$  در نقش یک اسید برونستد ظاهر شده است.

۳ واکنش برگشت نیز یک واکنش اسید - باز است که در آن  $\text{H}_2\text{PO}_4^+$  در نقش اسید و  $\text{CO}_3^{2-}$  در نقش باز ایفای نقش می‌کند.

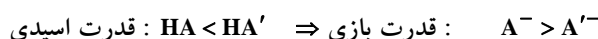
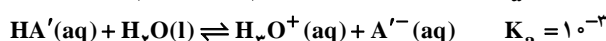
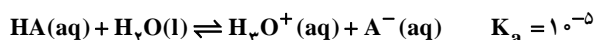
۵ قدرت اسیدها با  $K_a$  رابطه‌ی مستقیم دارد. یعنی هرچه اسید،  $K_a$  بزرگ‌تری داشته باشد اسید قوی‌تری بوده و  $\text{H}^+$  بیشتری تولید می‌شود:



توجه: غلظت  $\text{H}^+(\text{aq})$  یا  $\text{H}_2\text{PO}_4^+(\text{aq})$  علاوه بر  $K_a$  به غلظت اسید نیز بستگی دارد. یعنی هرچه  $K_a$  بزرگ‌تر و غلظت اسید نیز بیشتر باشد غلظت  $\text{H}^+(\text{aq})$  یا  $\text{H}_2\text{PO}_4^+(\text{aq})$  نیز بیشتر خواهد بود.

راه‌های گوناگون توصیف قدرت اسیدی		
ویژگی	اسید قوی	اسید ضعیف
مقدار $K_a$	$K_a$ زیاد است	$K_a$ کم است
حالت تعادل تفکیک	در سمت راست	در سمت چپ
غلظت $\text{H}^+$ تعادل در مقایسه با غلظت HA اولیه	اولیه $[\text{H}^+] = [\text{HA}]$	اولیه $[\text{H}^+] \ll [\text{HA}]$
قدرت باز مزدوج در مقایسه با قدرت بازی آب	$\text{A}^-$ ، باز بسیار ضعیف‌تری نسبت به $\text{H}_2\text{O}$ است.	$\text{A}^-$ ، باز بسیار قوی‌تری نسبت به $\text{H}_2\text{O}$ است.

۷ با توجه به اطلاعات داده شده در واکنش‌های زیر، قدرت اسیدی  $\text{HA}'$  از  $\text{HA}$  بیشتر است زیرا  $K_a$  مربوط به  $\text{HA}'$  از  $K_a$  مربوط به  $\text{HA}$  بزرگ‌تر است.



۸ با توجه به داده‌های جدول زیر، کدام مقایسه‌ی زیر در مورد غلظت  $\text{H}^+$  در محلول هم غلظت سه اسید درست است؟ (سراسری - تجربی - ۶۳)

اسید	$A_1$	$A_2$	$A_3$
ثابت یونش اسیدی	$2/1 \times 10^{-2}$	$8/4 \times 10^{-4}$	$4/2 \times 10^{-4}$

$$A_1 = \frac{1}{4} A_2 = \frac{1}{4} A_3 \quad (2) \quad A_1 > A_2 > A_3 \quad (1)$$

$$A_1 = 10 A_2 = 100 A_3 \quad (4) \quad A_3 > A_2 > A_1 \quad (3)$$

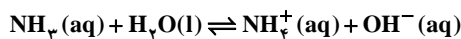
هرچه  $K_a$  بزرگ‌تر باشد، قدرت اسیدی و غلظت  $\text{H}^+$  محلول نیز بیشتر است:

$$\text{غلظت } \text{H}^+ : A_1 > A_2 > A_3$$

توجه: میان ثابت یونش اسیدی ( $K_a$ ) و قدرت اسیدی رابطه‌ی خطی وجود ندارد. برای مثال در این تست مقدار ثابت یونش اسیدی  $A_2$  دو برابر  $A_3$  است ولی نمی‌توان نتیجه گرفت که قدرت اسیدی  $A_2$  دو برابر  $A_3$  است بلکه فقط می‌توان گفت که قدرت اسیدی  $A_2$  بیشتر از  $A_3$  است.

۲-۲- ثابت یونش بازها ( $K_b$ )

واکنش یونش آمونیاک ( $NH_3$ ) در آب را در نظر بگیرید:



باز مزدوج      اسید مزدوج      اسید      باز

معادله‌ی ثابت تعادل برای این واکنش تعادلی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$K = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3][H_2O]}$$

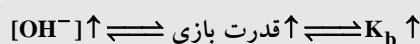
چون غلظت آب ثابت است با یک جابه‌جایی در معادله خواهیم داشت:

$$K_b = K \cdot [H_2O] = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

به  $K_b$  ، ثابت یونش باز می‌گویند.

۶ مقدار  $K_b$  (مانند  $K_a$ ) به دما بستگی دارد و فقط با تغییر دما مقدار آن تغییر می‌کند.

۷ قدرت بازها با  $K_b$  رابطه‌ی مستقیم دارد یعنی هرچه باز،  $K_b$  بزرگ‌تری داشته باشد باز قوی‌تری بوده و  $OH^-$  بیشتری تولید می‌شود:



توجه: غلظت  $OH^-(aq)$  علاوه بر  $K_b$  باز به غلظت باز نیز بستگی دارد. یعنی هرچه  $K_b$  بزرگ و غلظت باز نیز بیشتر باشد غلظت  $OH^-(aq)$  نیز بیشتر خواهد بود.

۴- در کدام گزینه ثابت یونش بازی محلول آمونیاک به درستی نشان داده شده است؟

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3][H_2O]} \quad (2)$$

$$K_b = \frac{[NH_3][H_2O]}{[NH_4^+][OH^-]} \quad (1)$$

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]} \quad (4)$$

$$K_b = \frac{[NH_3]}{[NH_4^+][OH^-]} \quad (3)$$

۵- ثابت‌های یونش سه اسید یک ظرفیتی به ترتیب عبارتند از  $2/1 \times 10^{-2}$  ،  $4/2 \times 10^{-3}$  و  $8/4 \times 10^{-4}$  کدام ترتیب زیر در مورد

(سراسری - کشاورزی - ۶۳)

مقایسه‌ی  $[H^+]$  در محلول مولار آن‌ها در دمای یکسان درست است؟

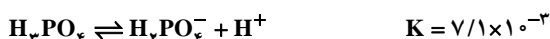
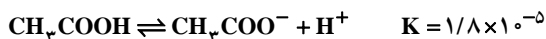
(۲) ۲۵ برابر سومی = ۵ برابر دومی = اولی

(۱) اولی > دومی > سومی

(۴) سومی > دومی > اولی

(۳)  $\frac{1}{40}$  سومی =  $\frac{1}{20}$  دومی = اولی

۶- با توجه به واکنش‌های زیر:



(المپیاد - ۷۲)

کدام گزینه درست است؟

(۲) استیک اسید از فسفریک اسید قوی‌تر است.

(۱) فسفریک اسید از استیک اسید قوی‌تر است.

(۴) قدرت اسیدی هر دو اسید یکسان است.

(۳) مقایسه‌ی قدرت اسیدی براساس مقادیر  $K$  امکان ندارد.

## ۲-۳- تابع p

در شیمی تجزیه، منهای لگاریتم  $(-\log)$  هر کمیتی را به اختصار  $p$  ی آن کمیت یا تابع  $P$  مخفف Power به معنای توان است. می‌گویند:

$$-\log X = pX \Rightarrow X = 10^{-pX}$$

مزیت بزرگ لگاریتم آن است که به کمک آن می‌توان عددهای بسیار کوچک یا بسیار بزرگ که درک و به‌کارگیری آن‌ها دشوار است را به عددهایی قابل لمس و قابل فهم تبدیل کرد.

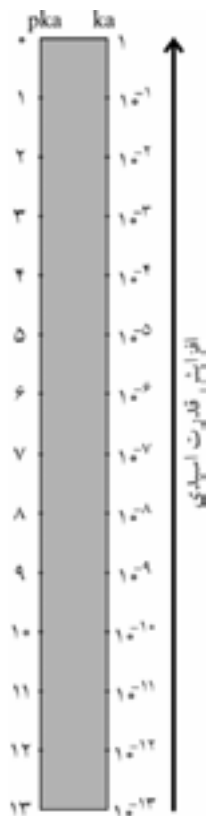
$$pK_a = -\log_{10}(K_a)$$

از آن‌جا که  $K_a$  برای اسیدهای ضعیف مقداری کوچک و برای اسیدهای قوی مقداری بزرگ است، برای راحتی کار در هنگام مقایسه‌ی قدرت اسیدهای مختلف، معمولاً به‌جای  $K_a$  از  $pK_a$  (منفی لگاریتم  $K_a$ ) استفاده می‌شود.

مقدار  $K_a$  برای  $HF(aq)$  در  $25^\circ C$  برابر  $5.62 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  است. درحالی‌که مقدار  $pK_a$  برای این اسید، عددی ملموس‌تر خواهد بود:

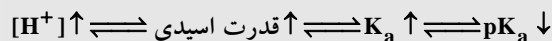
$$pK_a(HF) = -\log K_a(HF) = -\log(5.62 \times 10^{-4}) = 3.25$$

شکل زیر، رابطه‌ی میان  $K_a$  و  $pK_a$  را نشان می‌دهد:

۲-۳-۱- رابطه‌ی میان  $K_a$  و  $pK_a$  و قدرت اسیدها

مقدار  $K_a$  با  $pK_a$  رابطه‌ی عکس دارد یعنی هر اندازه مقدار  $K_a$  برای اسیدی بزرگ‌تر باشد مقدار  $pK_a$  برای آن، کوچک‌تر خواهد بود و برعکس.

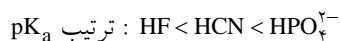
هرچه مقدار  $K_a$  بزرگ‌تر باشد مقدار  $pK_a$  کوچک‌تر بوده و اسید قوی‌تر است. به عبارت دیگر اسید بیشتر یونیده می‌شود و غلظت یون‌های حاصل از یونش بیشتر است.



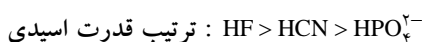
در صورتی که  $pK_a$  سه اسید  $HPO_4^{2-}$ ،  $HF$ ،  $HCN$  به ترتیب  $9/4$ ،  $3/25$  و  $12/36$  باشد کدام مقایسه در مورد قدرت اسیدی آن‌ها صحیح می‌باشد؟



هرچه  $pK_a$  کوچک‌تر باشد قدرت اسیدی بیشتر خواهد بود:



$$3/25 \quad 9/4 \quad 12/36$$



پس گزینه‌ی ۲ درست است.

به‌طور مشابه از آن‌جا که  $K_b$  برای بازهای ضعیف مقداری کوچک و برای بازهای قوی مقداری بزرگ است، برای راحتی کار هنگام مقایسه‌ی قدرت بازهای مختلف، معمولاً به‌جای  $K_b$  از  $pK_b$  (منفی لگاریتم  $K_b$ ) استفاده می‌شود.

$$pK_b = -\log_{10}(K_b)$$

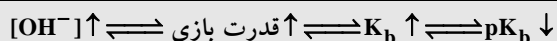
۱۳ مقدار  $K_b$  برای  $NH_3(aq)$  در دمای  $25^\circ C$  برابر  $1.72 \times 10^{-5} mol.L^{-1}$  است. و مقدار  $pK_b$  آن برابر خواهد بود با:

$$pK_b = -\log K_b = -\log(1.72 \times 10^{-5}) = 4.76$$

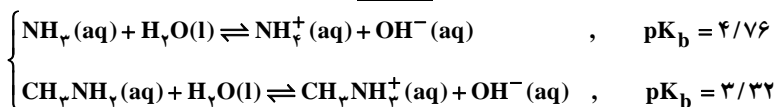
۱۴ مقدار  $K_b$  با  $pK_b$  رابطه‌ی عکس دارد یعنی هر اندازه مقدار  $K_b$  برای یک باز بزرگ‌تر باشد مقدار  $pK_b$  برای آن، کوچک‌تر خواهد بود و برعکس.

## ۲-۳-۲- رابطه‌ی میان $K_b$ ، $pK_b$ و قدرت بازها

۱۵ هرچه مقدار  $K_b$  بزرگ‌تر باشد مقدار  $pK_b$  کوچک‌تر بوده و باز قوی‌تر است و یون  $OH^-$  بیشتری در حالت محلول تولید می‌شود.



۱۶ با توجه به واکنش‌های زیر، کدام مطلب نادرست است؟



(۱) آمونیاک و متیل آمین هر دو، باز ضعیف به شمار می‌آیند.

(۲) از انحلال متیل آمین در آب، یون  $OH^-$  کم‌تری در مقایسه با آمونیاک تولید می‌شود.

(۳) با افزودن مقداری محلول  $HCl(aq)$  تغییری در  $K_b$  ایجاد نمی‌شود.

(۴)  $H_2O$  در هر دو فقط نقش اسید برونستد را دارد.

۱۷ با توجه به این که  $pK_b$  متیل آمین ( $CH_3NH_2$ ) کم‌تر از  $pK_b$  آمونیاک ( $NH_3$ ) است می‌توان دریافت که قدرت بازی  $CH_3NH_2$  بیشتر از  $NH_3$  است، بنابراین از انحلال آن در آب در مقایسه با  $NH_3$ ، یون  $OH^-$  بیشتری تولید می‌شود. پس گزینه‌ی (۲) پاسخ صحیح است. سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌کنیم:

۱ با توجه به این که مقدار عددی  $K_b$  برای هر دو باز مقدار کوچک ( $10^{-3.32}$ ,  $10^{-4.76}$ ) است می‌توان دریافت که هر دو بازهایی ضعیف هستند.

۲ مقدار  $K_b$  در هر دو باز فقط با دما تغییر می‌کند و بس! و اضافه کردن اسید یا باز تأثیری بر مقدار  $K_b$  ندارد.

۳ چون در هر دو واکنش مولکول  $H_2O$ ، پروتون ( $H^+$ ) می‌دهد لذا در هر دو واکنش نقش اسید برونستد را ایفا می‌کند.

## ۲-۴- رابطه‌ی بین درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) و ثابت یونش (K)

در محلول اسید یا باز ضعیف یک ظرفیتی، بین درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) و ثابت یونش (K) رابطه‌ی

زیر وجود دارد:

ثابت یونش = K	$K = \frac{M \times \alpha^2}{(1 - \alpha)}$
درجه‌ی یونش = $\alpha$	
غلظت مولی = M	

توجه داشته باشید که در دو رابطه‌ی روبه‌رو  $\alpha$  درجه‌ی یونش است نه درصد یونش، بنابراین اگر در مسأله‌ای درصد یونش را دادند ابتدا باید درصد یونش ( $\alpha$ ) را طبق رابطه‌ی زیر به درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) تبدیل نماییم و سپس در رابطه‌های روبه‌رو قرار دهیم:

$$\text{درصد یونش } (\alpha) = \frac{\text{درصد یونش}}{100}$$

اگر اسید یا باز خیلی ضعیف باشد، مقدار  $\alpha$  بسیار کوچک بوده و عبارت  $(1-\alpha)$  تقریباً برابر ۱ خواهد بود. بنابراین رابطه‌ی فوق به صورت زیر درمی‌آید:

اسید یا باز خیلی ضعیف
$K = M \times \alpha^2$

با توجه به این که در دمای معین مقدار  $K$  ثابت است، از رابطه‌ی فوق می‌توان دریافت که برای یک اسید یا باز ضعیف، در دمای ثابت، هر چه غلظت مولی محلول ( $M$ ) بیشتر باشد، درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) کم‌تر است و برعکس.

$$K = \uparrow M \times \alpha^2 \downarrow$$

به بیان دیگر درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) با غلظت مولی ( $M$ ) رابطه‌ی عکس دارد.

یک محلول  $0.25 \text{ mol.L}^{-1}$  از یک اسید ضعیف ( $\text{HA}$ ) به اندازه‌ی ۳ درصد یونیده می‌شود. مقدار  $K_a$  برای این اسید به کدام عدد زیر نزدیک‌تر است؟

(۱)  $1/35 \times 10^{-3}$       (۲)  $3/4 \times 10^{-3}$       (۳)  $2/25 \times 10^{-4}$       (۴)  $6/3 \times 10^{-4}$

ابتدا درصد یونش را به درجه‌ی یونش تبدیل می‌کنیم:

$$\text{درصد یونش } (\%) = \frac{\alpha}{100} = \frac{3}{100} = 0.03$$

اکنون با استفاده از رابطه‌ی زیر، مقدار  $K_a$  را به دست می‌آوریم:

$$K_a = M \cdot \alpha^2 = 0.25 \times (0.03)^2 = 2/25 \times 10^{-4}$$

۷ - هر چه مقدار  $pK_a$  ..... باشد اسید ..... است. به عبارت دیگر اسید .... یونیده می‌شود و غلظت یون‌های حاصل از یونش .... است.

- (۱) کوچک‌تر - ضعیف‌تر - کم‌تر - کم‌تر  
 (۲) بزرگ‌تر - ضعیف‌تر - کم‌تر - بیشتر  
 (۳) بزرگ‌تر - قوی‌تر - بیشتر - بیشتر  
 (۴) کوچک‌تر - قوی‌تر - بیشتر - بیشتر

۸ - اگر ثابت یونش استیک اسید  $K_a = 1/8 \times 10^{-5}$  باشد، مقدار  $K$  برای آن، بدون صرف نظر کردن از غلظت  $\text{H}_2\text{O}$  (معادل  $10^{18}$ )

(سراسری - ریاضی - ۷۴، با کمی تغییر)

مول در لیتر) کدام است؟

(۱)  $1 \times 10^{-3}$       (۲)  $3/24 \times 10^{-3}$       (۳)  $1 \times 10^{-7}$       (۴)  $3/24 \times 10^{-7}$

۹ - یک محلول  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  از اسید  $\text{HA}$  در آب به میزان ۲٪ یونیزه می‌شود. مقدار  $K_a$  برای این اسید به کدام یک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟

(۱)  $4 \times 10^{-4}$       (۲)  $4 \times 10^{-5}$       (۳)  $2 \times 10^{-4}$       (۴)  $2 \times 10^{-5}$

۱۰ - محلول  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  اسید  $\text{HA}$  در آب به میزان ۸٪ درصد یونیزه می‌شود. مقدار  $K_a$  برای این اسید به کدام یک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟

(۱)  $6/4 \times 10^{-6}$       (۲)  $6/4 \times 10^{-2}$       (۳)  $3/2 \times 10^{-6}$       (۴)  $3/2 \times 10^{-4}$

۱۱ - با توجه به واکنش  $\text{CH}_3\text{NH}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{NH}_3^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ ،  $pK_b = 3.32$ ، کدام یک از عبارتهای زیر درست است؟

(۱)  $\text{H}_2\text{O}$  نقش باز برونستد را دارد.

(۲) یون متیل آمونیوم ( $\text{CH}_3\text{NH}_3^+$ ) باز مزدوج  $\text{CH}_3\text{NH}_2$  است.

(۳) با افزودن کمی  $\text{HCl}(\text{aq})$  تعادل به سمت راست جابه‌جا شده و مقدار  $K_b$  افزایش می‌یابد.

(۴) مقدار عددی  $K_b$  بین  $10^{-3}$  و  $10^{-4}$  می‌باشد.

## ۲-۵- مقایسه‌ی قدرت اسیدی اسیدهای مهم

تا این جا دانستیم که برای مقایسه‌ی قدرت دو اسید از مقادیر  $K_a$  (یا  $pK_a$ ) آن دو اسید استفاده می‌کنیم. حال تصور کنید در یک سؤال مقادیر  $K_a$  یا  $pK_a$  داده نشده است (که البته از این اتفاق‌ها زیاد می‌افتد!) آن وقت چه کار باید کنیم؟ جواب این است که مجبوریم ترتیب قدرت اسیدی اسیدها را حفظ باشیم. (چه راه‌حل به‌درد بخوری؟!). در جدول ۱ صفحه‌ی ۵۸ کتاب درسی، قدرت نسبی برخی اسیدها نوشته شده است که به قرار زیر می‌باشد:

باز مزدوج		اسید	
فرمول شیمیایی	نام	فرمول شیمیایی	نام
$\text{ClO}_4^-$	یون پرکلرات	$\text{HClO}_4$	پرکلریک اسید
$\text{HSO}_4^-$	یون هیدروژن سولفات	$\text{H}_2\text{SO}_4$	سولفوریک اسید
$\text{I}^-$	یون یدید	$\text{HI}$	هیدرو یدیک اسید
$\text{Br}^-$	یون برمید	$\text{HBr}$	هیدروبرومیک اسید
$\text{Cl}^-$	یون کلرید	$\text{HCl}$	هیدروکلریک اسید
$\text{NO}_3^-$	یون نیترات	$\text{HNO}_3$	نیتریک اسید
$\text{H}_2\text{O}$	آب	$\text{H}_3\text{O}^+$	یون هیدرونیوم
$\text{HSO}_3^-$	یون هیدروژن سولفیت	$\text{H}_2\text{SO}_3$	سولفورو اسید
$\text{SO}_3^{2-}$	یون سولفات	$\text{HSO}_3^-$	یون هیدروژن سولفات
$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	یون دی‌هیدروژن فسفات	$\text{H}_3\text{PO}_4$	فسفریک اسید
$\text{F}^-$	یون فلوئورید	$\text{HF}$	هیدروفلوئوریک اسید
$\text{NO}_2^-$	یون نیتريت	$\text{HNO}_2$	نیترواسید
$\text{CH}_3\text{COO}^-$	یون استات	$\text{CH}_3\text{COOH}$	استیک اسید
$\text{HCO}_3^-$	یون هیدروژن کربنات	$\text{H}_2\text{CO}_3$	کربنیک اسید
$\text{HS}^-$	یون هیدروژن سولفید	$\text{H}_2\text{S}$	هیدروسولفوریک اسید
$\text{CN}^-$	یون سیانید	$\text{HCN}$	هیدروسیانیک اسید
$\text{NH}_3$	آمونیاک	$\text{NH}_4^+$	یون آمونیوم
$\text{OH}^-$	یون هیدروکسید	$\text{H}_2\text{O}$	آب
$\text{NH}_4^-$	یون آمید	$\text{NH}_3$	آمونیاک
$\text{H}^-$	یون هیدرید	$\text{H}_2$	هیدروژن

جدول «۱»

قدرت نسبی برخی اسیدها

لازم به ذکر است که جدول موجود در کتاب درسی، در برخی موارد با کتاب‌ها و منابع معتبر دانشگاهی مطابق ندارد! برای مثال در بیشتر منابع معتبر قدرت اسیدی  $\text{HI}$ ،  $\text{HBr}$ ،  $\text{HCl}$  بیشتر از قدرت اسیدی  $\text{H}_2\text{SO}_4$  معرفی شده است.

از آن جا که همه‌ی اسیدهای قوی‌تر از  $\text{H}_3\text{O}^+$  به‌طور کامل در آب یونیده می‌شوند، می‌توان صرف‌نظر از مقدار  $K_a$ ، قدرت همه‌ی آن‌ها را در محلول آبی یکسان در نظر گرفت. از این‌رو، تعیین قدرت اسیدی اسیدهای قوی‌تر از یون  $\text{H}_3\text{O}^+$  (قوی‌ترین اسید موجود در محلول‌های آبی) در آب و مقایسه‌ی آن‌ها ممکن نیست. همچنین چون یون  $\text{OH}^-$  قوی‌ترین باز موجود در محلول‌های آبی است این گفته در مورد بازها نیز درست است.



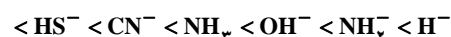
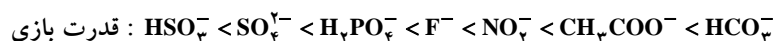
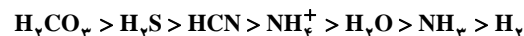
۱۱۱ کدام گزینه اسیدی را نشان می‌دهد که به‌طور کامل در آب تفکیک نمی‌شود؟



با توجه به جدول ارائه شده،  $HClO_4$ ،  $H_2SO_4$  و  $HNO_3$  همگی اسیدهای قوی هستند و در آب به‌طور کامل یونش می‌یابند ولی  $H_3PO_4$  یک اسید ضعیف است لذا در آب به‌طور جزئی یونیده می‌شود. پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۱۱۲ با توجه به جدول صفحه‌ی قبل ترتیب قدرت اسیدی و بازی را باید به‌صورت زیر حفظ

باشیم:



۱۱۳ کدام مقایسه در مورد قدرت بازی گونه‌های شیمیایی زیر (در شرایط یکسان از نظر دما

(سراسری - ریاضی - ۸۵)

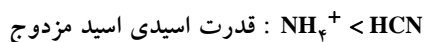
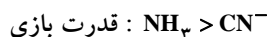
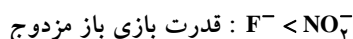
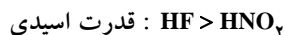
و مولاریته)، درست است؟



با توجه به لیست ارائه شده در نکته‌ی ۱۳، گزینه‌ی ۳ درست است.

۱۱۴ هرچه یک اسید قوی‌تر باشد، باز مزدوج آن ضعیف‌تر است و برعکس؛ هم‌چنین هرچه یک

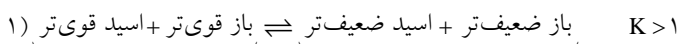
باز قوی‌تر باشد، اسید مزدوج آن ضعیف‌تر است و برعکس:



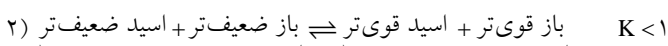


البته این قضیه‌ی «مزدوج»، پندان ربطی به «ازدواج» ندارد، تناسب هم بر پییزی نیستا... !!

بنابراین در یک تعادل اسید - باز که با مبادله‌ی پروتون همراه است، همواره تعادل در سمت اسید و باز ضعیف‌تر قرار دارد.

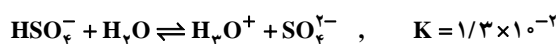
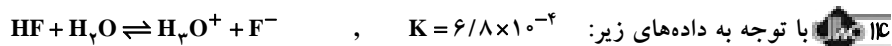


غلظت تعادلی گونه‌ها زیاد      غلظت تعادلی گونه‌ها کم



غلظت تعادلی گونه‌ها کم      غلظت تعادلی گونه‌ها زیاد

مثلاً، واکنش  $\text{HF}(\text{aq}) + \text{NH}_3(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{F}^-(\text{aq})$  به‌طور عمده از چپ به راست پیش می‌رود، زیرا قدرت اسیدی HF بیش از  $\text{NH}_4^+$  و قدرت بازی  $\text{NH}_3$  بیش از  $\text{F}^-$  است. از این‌رو، غلظت‌های  $\text{F}^-$  و  $\text{NH}_4^+$  (به‌ترتیب اسید و باز ضعیف‌تر) در حالت تعادل زیاد است، در حالی‌که غلظت‌های HF و  $\text{NH}_3$  (به‌ترتیب اسید و باز قوی‌تر) در حالت تعادل بی‌نهایت کم است.



(سراسری تجربی - ۶۷)

می‌توان نتیجه گرفت که...

(۱) آب در مقابل HF نقش اسیدی و در مقابل  $\text{HSO}_4^-$  نقش بازی دارد.

(۲) HF در مقایسه با  $\text{HSO}_4^-$  قدرت اسیدی بیشتری دارد.

(۳)  $\text{H}_3\text{O}^+$  در مقابل  $\text{SO}_4^{2-}$  نقش اسیدی و در مقابل  $\text{F}^-$  نقش بازی دارد.

(۴) یون  $\text{F}^-$  در مقایسه با یون  $\text{SO}_4^{2-}$  قدرت بازی بیشتری دارد.

هرچه مقدار عددی  $K_a$  بزرگتر باشد، قدرت اسیدی بیشتر است. بنابراین قدرت اسیدی  $\text{HSO}_4^-$  از  $\text{HF}$  بیشتر است. با توجه به نکته‌ی ۱۴، هرچه اسیدی ضعیف‌تر باشد، باز مزدوج آن قوی‌تر است. بنابراین یون  $\text{F}^-$  در مقایسه با یون  $\text{SO}_4^{2-}$  قدرت‌بازی بیشتری دارد:

قدرت اسیدی :  $\text{HSO}_4^- > \text{HF}$

قدرت بازی :  $\text{SO}_4^{2-} < \text{F}^-$

پس گزینه‌ی ۴ درست است.

اسیدی	
فرمول شیمیایی	نام
HCl	هیدروکلریک اسید
$\text{H}_3\text{O}^+$	یون هیدرونیوم
$\text{HSO}_4^-$	یون هیدروژن سولفات
$\text{HNO}_3$	نیترواسید
$\text{NH}_4^+$	یون آمونیوم

۱۵ با توجه به جدول روبه‌رو، کدام عبارت درست عنوان شده است؟

۱) قدرت بازی  $\text{NO}_3^-$  بیشتر از  $\text{NH}_3$  است.

۲)  $\text{pK}_a$  در  $\text{HSO}_4^-$  بیشتر از  $\text{NH}_4^+$  است.

۳)  $\text{NO}_3^-$  نسبت به  $\text{SO}_4^{2-}$  تمایل بیشتری به جذب پروتون دارد.

۴)  $\text{NH}_3$  باز مزدوج  $\text{NH}_4^+$  است.

با توجه به جدول ارائه شده، قدرت اسیدی  $\text{HSO}_4^-$  از  $\text{HNO}_3$  بیشتر است. بنابراین یون  $\text{NO}_3^-$  در مقایسه با یون  $\text{SO}_4^{2-}$  (تمایل به جذب پروتون  $(\text{H}^+)$ ) بیشتری دارد.

قدرت اسیدی :  $\text{HSO}_4^- > \text{HNO}_3$

قدرت بازی :  $\text{SO}_4^{2-} < \text{NO}_3^-$

پس گزینه‌ی ۳ درست است.

سایر گزینه‌ها را تک تک بررسی می‌کنیم:

۱ چون قدرت اسیدی  $\text{HNO}_3$  از  $\text{NH}_4^+$  بیشتر است لذا قدرت‌بازی  $\text{NO}_3^-$  کم‌تر از  $\text{NH}_3$  خواهد بود.

۲ با توجه به این‌که قدرت اسیدی  $\text{HSO}_4^-$  از  $\text{NH}_4^+$  بیشتر است لذا  $\text{pK}_a$  آن کم‌تر از  $\text{NH}_4^+$  است.

۳  $\text{NH}_3$  باز مزدوج  $\text{NH}_4^+$  و  $\text{NH}_3$  باز مزدوج  $\text{NH}_4^+$  می‌باشد.

۲-۵-۱ - قدرت اسیدی و ساختار مولکولی: قدرت یک اسید به توانایی آن در دادن

پروتون  $(\text{H}^+)$  بستگی دارد و این توانایی نیز به ساختار مولکولی آن اسید بستگی دارد. به‌منظور بررسی رابطه‌ی بین ساختار مولکولی و قدرت اسیدی، اسیدها را به دو دسته تقسیم می‌کنیم:

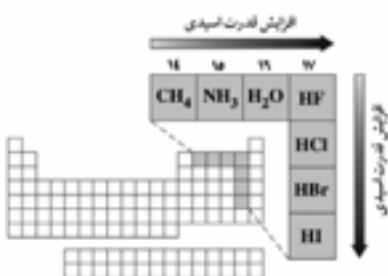
۱ - هیدریدها (ترکیبات دوتایی هیدروژن‌دار) ۲ - اسیدهای اکسیژن‌دار (اوکسی اسیدها)

۱ - هیدریدها (ترکیبات دوتایی هیدروژن‌دار)

دو عامل بر قدرت اسیدی هیدریدها موثر است: ۱) قطبیت پیوند ۲) قدرت پیوند

معمولاً هر اندازه قطبیت پیوند بیشتر باشد قدرت اسیدی بیشتر و هر اندازه قدرت پیوند بیشتر باشد قدرت اسیدی کم‌تر است. عامل قطبیت پیوند را با مقایسه هیدریدهای عناصر یک تناوب می‌توان درک کرد در حالی‌که عامل قدرت پیوند با مقایسه‌ی هیدریدهای عناصر گروه‌ها اهمیت پیدا می‌کند.

الف - هیدریدهای عناصر یک تناوب: قدرت اسیدی هیدریدهای عناصر یک تناوب، از چپ به راست و با افزایش الکترونگاتیوی عناصر، افزایش می‌یابد. زیرا با افزایش الکترونگاتیوی، چگالی الکترون روی اتم  $\text{H}$  کم‌شده و قطبیت پیوند افزایش می‌یابد لذا جدا شدن پروتون  $(\text{H}^+)$  آسان‌تر می‌شود.



۴ هیدریدهای نیتروژن، اکسیژن و فلوئور یعنی  $\text{NH}_3$ ،  $\text{H}_2\text{O}$  و  $\text{HF}$  را در تناوب دوم در نظر بگیرید:

الکترونگاتیوی:  $\text{N} < \text{O} < \text{F}$

ترتیب قطبیت و قدرت اسیدی هیدریدهای این عناصر نیز به همین ترتیب افزایش می‌یابد.

پیوند قطبیت:  $\text{N}-\text{H} < \text{O}-\text{H} < \text{H}-\text{F}$

قدرت اسیدی:  $\text{NH}_3 < \text{H}_2\text{O} < \text{HF}$

۵ هیدریدهای فسفر، گوگرد و کلر یعنی  $\text{PH}_3$ ،  $\text{H}_2\text{S}$  و  $\text{HCl}$  را در تناوب سوم در نظر بگیرید:

الکترونگاتیوی:  $\text{P} < \text{S} < \text{Cl}$

ترتیب قطبیت و قدرت اسیدی این هیدریدها به صورت زیر است:

پیوند قطبیت:  $\text{P}-\text{H} < \text{H}-\text{S} < \text{H}-\text{Cl}$

قدرت اسیدی:  $\text{PH}_3 < \text{H}_2\text{S} < \text{HCl}$

ب - هیدریدهای عناصر یک گروه: در هیدریدهای عناصر یک گروه هر دو عامل قطبیت پیوند و قدرت پیوند بر قدرت اسیدی مؤثرند ولی قدرت پیوند بر قطبیت پیوند غلبه دارد.

۶ هیدروهاالیدها، یعنی  $\text{HF}$ ،  $\text{HCl}$ ،  $\text{HBr}$  و  $\text{HI}$  را در نظر بگیرید.

پیوند قطبیت:  $\text{H}-\text{I} < \text{H}-\text{Br} < \text{H}-\text{Cl} < \text{H}-\text{F}$

ترتیب قدرت پیوند نیز روند مشابهی دارد؛ همان‌طور که می‌دانید در هالوژن‌ها از بالا به پایین شعاع اتمی افزایش می‌یابد لذا طول پیوند  $\text{H}-\text{X}$  نیز افزایش یافته و قدرت پیوند کاهش می‌یابد:

قدرت پیوند:  $\text{H}-\text{I} < \text{H}-\text{Br} < \text{H}-\text{Cl} < \text{H}-\text{F}$

( $\text{KJ.mol}^{-1}$ )    ۲۹۵    ۳۶۳    ۴۲۷    ۵۶۵

با توجه به این‌که عامل قدرت پیوند بر عامل قطبیت پیوند غلبه دارد لذا ترتیب قدرت اسیدی هیدروهاالیدها به صورت زیر است:

قدرت اسیدی:  $\text{HI} > \text{HBr} > \text{HCl} \gg \text{HF}$

به عبارت دیگر هرچه قدرت پیوند کم‌تر باشد، قدرت اسیدی بیشتر است. زیرا در این شرایط پیوند  $\text{H}-\text{X}$  راحت‌تر یونیده می‌شود و  $\text{H}^+$  و  $\text{X}^-$  را به وجود می‌آورد.

۷ در مورد قدرت اسیدی هیدریدهای عناصر گروه ۱۶ داریم:

قدرت اسیدی:  $\text{H}_2\text{O} < \text{H}_2\text{S} < \text{H}_2\text{Se} < \text{H}_2\text{Te}$

زیرا روند تغییر قدرت پیوند به صورت زیر است:

قدرت پیوند:  $\text{H}-\text{O} > \text{H}-\text{S} > \text{H}-\text{Se} > \text{H}-\text{Te}$

۲ - اسیدهای اکسیژن‌دار (اوکسی اسیدها)

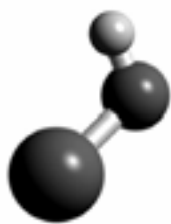
در همه‌ی اوکسی اسیدها، هیدروژن اسیدی به اتم اکسیژن متصل و اکسیژن نیز به یک نافلز (که آنرا با  $\text{X}$  نشان می‌دهیم) متصل است.

$\text{X}-\text{O}-\text{H}$

دو عامل بر قدرت اسیدی اوکسی اسیدها مؤثر است:

(۱) الکترونگاتیوی اتم مرکزی ( $\text{X}$ )

(۲) تعداد اتم‌های اکسیژن



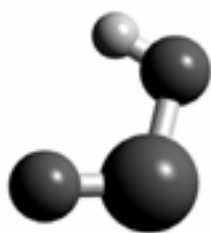
(HOCl)

الف - برای اوكسى اسيدهاى كه تعداد اتم اكسيژن يكسانى دارند، قدرت اسيدى با افزايش الكترونگاتيوى عنصر X افزايش مى يابد. زيرا هرچه الكترونگاتيوى X بيشتر باشد، الكترون هاى پيوند O-H به ميزان بيشترى از اتم H دور مى شوند و قطبيت پيوند O-H افزايش مى يابد در نتيجه جدا شدن پروتون ( $H^+$ ) آسان تر خواهد بود.

ترتيب قدرت اسيدى HOCl ، HOBr ، و HOI به صورت زير معين مى شود.

الكترونگاتيوى :  $I < Br < Cl$

قدرت اسيدى :  $HOI < HOBr < HOCl$



(HClO<sub>2</sub>)

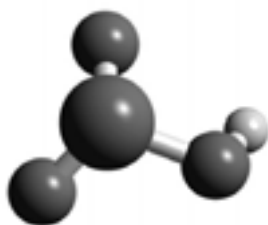
اسيد	X	الكترونگاتيوى	K <sub>a</sub> (ثابت يونش اسيدى)
هيپوكلرواسيد (HOCl)	Cl	۳/۰	$2/9 \times 10^{-8}$
هيپوبرمواسيد (HOBr)	Br	۲/۸	$2 \times 10^{-9}$
هيپويودواسيد (HOI)	I	۲/۵	$2 \times 10^{-11}$

جدول «۲»

مقايسه الكترونگاتيوى X و مقدار K<sub>a</sub> براى اسيدهاى X-O-H

ب - براى اوكسى اسيدهاى كه تعداد اتم هاى اكسيژن متفاوتى دارند، قدرت اسيدى با افزايش تعداد اكسيژن افزايش مى يابد. در اين اسيدها، اتم هاى O ، الكترون هاى اتم X را به سوى خود مى كشند و آنرا مثبت تر مى كنند. به اين ترتيب اتم X در كشيدن چگالى ابرالكترونى اتم اكسيژن متصل به اتم H ، مؤثرتر مى شود؛ الكترون هاى پيوند O-H نيز به ميزان بيشترى به سمت اتم اكسيژن رانده شده در نتيجه پروتون ( $H^+$ ) آسان تر جدا شده و قدرت اسيدى افزايش مى يابد.

جدول «۳» ، نام، فرمول مولكولى، ساختار لوويس و برخى ويژگى هاى اوكسى اسيدى كلر را نشان مى دهد.

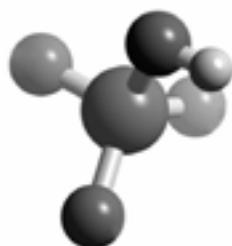


(HClO<sub>3</sub>)

نام اسيد	فرمول مولكولى	ساختار لوويس	فرمول و نام آنيون	حالت اكسايش كلر	ثابت يونش اسيدى (K <sub>a</sub> )
هيپوكلرواسيد	HClO (HOCl)	$\text{H}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}$	$\text{ClO}^-$ هيپوكلريت	+۱	$2/9 \times 10^{-8}$
كلرواسيد	HClO <sub>2</sub> (HOClO)	$\text{H}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}$	$\text{ClO}_2^-$ كلريت	+۳	$1/1 \times 10^{-2}$
كلريك اسيد	HClO <sub>3</sub> (HOClO <sub>2</sub> )	$\text{H}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}$	$\text{ClO}_3^-$ كلرات	+۵	$5 \times 10^2$
پركلريك اسيد	HClO <sub>4</sub> (HOClO <sub>3</sub> )	$\text{H}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{Cl}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}-\overset{\cdot\cdot}{\text{O}}$	$\text{ClO}_4^-$ پركلرات	+۷	$1 \times 10^8$

جدول «۳»

اوكسى اسيدهاى كلر و برخى ويژگى هاى آن ها



(HClO<sub>4</sub>)

از آنجا که الکترونگاتیوی اتم اکسیژن زیاد است، وجود تعداد بیشتر اتم‌های این عنصر پیرامون اتم مرکزی (کلر)، موجب می‌شود که چگالی ابرالکترونی در پیوندهای Cl-O به سوی O کشیده شود و بار مثبت و عدد اکسایش Cl افزایش یابد. این تحول به جابه‌جایی ابرالکترونی پیوند O-H به سوی O می‌انجامد و بر میزان قطبیت این پیوند می‌افزاید. نتیجه آن که آمادگی پیوند O-H برای گسستن به کمک مولکول‌های قطبی آب، افزایش می‌یابد. بنابراین با افزایش تعداد اتم‌های O پیرامون اتم مرکزی، بر میزان یونش اسید در آب افزوده می‌شود و اسید قوی‌تری پدید می‌آید.

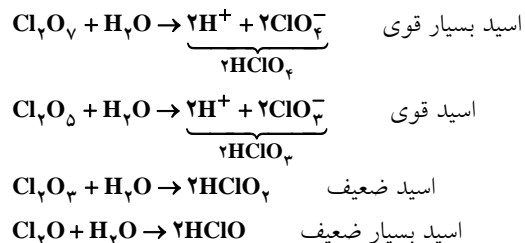


به دلایل مشابه می‌توان گفت که قدرت اسیدی  $H_4SO_4$  (سولفوریک اسید) از  $H_2SO_4$  (سولفورو اسید) و همچنین  $HNO_3$  (نیتریک اسید) از  $HNO_2$  (نیترو اسید) بیشتر است.

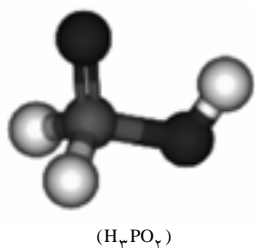
۱۶ کدام یک از اکسیدهای زیر اسید قوی‌تری است؟ (آزاد - ریاضی - ۸۰)

- $Cl_2O$  (۴)       $Cl_2O_3$  (۳)       $Cl_2O_5$  (۲)       $Cl_2O_7$  (۱)

اسیدهای حاصل از واکنش اکسیدهای موردنظر با آب به صورت زیر است:



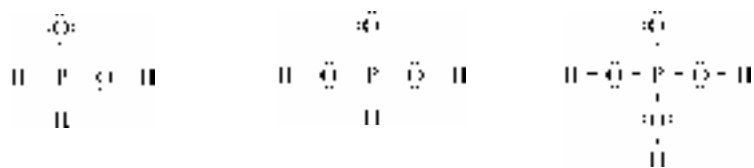
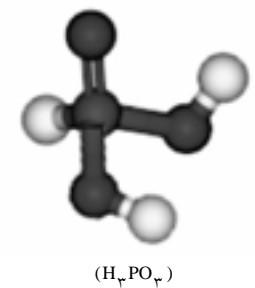
پس گزینه‌ی ۱ درست است.

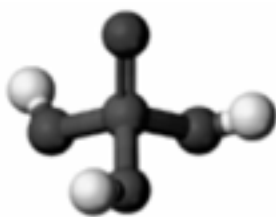


۱۶ برخلاف سایر اوكسی اسیدها، در اسیدهای اکسیژن‌دار فسفر، هرچه تعداد اکسیژن بیشتر

باشد قدرت اسیدی کم‌تر است. زیرا در اوكسی اسیدهای فسفر تعداد اکسیژن داتیو ثابت است و هرچه تعداد پیوند O-H بیشتر می‌شود اثر اکسیژن داتیو روی آن‌ها کم‌تر شده و قطبیت پیوندهای O-H نیز کم‌تر می‌شود، لذا قدرت اسیدی کاهش می‌یابد.

قدرت اسیدی:  $H_3PO_4 > H_2PO_4 > HPO_4$   
فسفریک اسید      فسفرو اسید      هیپوفسفرواسید





(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)

همان‌طور که مشاهده می‌شود در این سه اسید تعداد پیوند داتیو (P) یکسان است. اثر کشندگی این اتم اکسیژن در مولکول هیپوفسفراسید (H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>) منحصراً بر یک پیوند (O-H) اثر می‌گذارد، لذا قطبیت آن‌را به مقدار قابل توجهی افزایش داده و قدرت اسیدی آن‌را زیاد می‌کند. اما در مولکول فسفرو اسید (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) این اثر کشندگی، بین دو پیوند (O-H) و در مولکول فسفریک اسید (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) بین سه پیوند (O-H) تقسیم می‌شود. به همین دلیل قطبیت پیوند (O-H) و قدرت اسیدی در فسفرو اسید (H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>) کاهش و در فسفریک اسید (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) به کم‌ترین مقدار می‌رسد.

**۱۷** در اسیدهای اکسیژن‌دار فسفر، فقط H متصل به O خاصیت اسیدی دارد. به بیان دیگر هیدروژن متصل به فسفر خاصیت اسیدی ندارد، زیرا الکترونگاتیوی فسفر کم بوده و نمی‌تواند با کندن الکترون هیدروژن، آن‌را به صورت H<sup>+</sup> آزاد کند. بنابراین در هیپوفسفراسید (H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>) تنها یک هیدروژن اسیدی وجود دارد و در فسفرو اسید (H<sub>3</sub>PO<sub>3</sub>) و فسفریک اسید (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) به ترتیب دو و سه هیدروژن اسیدی وجود دارد. می‌توان گفت که در اسیدهای اکسیژن‌دار فسفر، تعداد هیدروژن‌های اسیدی یکی کم‌تر از تعداد اتم‌های اکسیژن است:

تعداد هیدروژن اسیدی = ۱ - تعداد اتم O	
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	۱
H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub>	۲
H <sub>3</sub> PO <sub>2</sub>	۳

۱۲ - از آن‌جا که ..... اسیدهای قوی‌تر از H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> به‌طور ..... در آب یونیزه می‌شوند، ..... قدرت همه‌ی آن‌ها را در محلول آبی یکسان در نظر گرفت. از این‌رو تعیین قدرت اسیدی آن‌ها در آب و مقایسه‌ی آن‌ها امکان‌پذیر ..... .

- (۱) برخی از - جزئی - نمی‌توان - نمی‌باشد.  
 (۲) همه‌ی - کامل - می‌توان - نمی‌باشد.  
 (۳) برخی از - کامل - نمی‌توان - می‌باشد.  
 (۴) همه‌ی - جزئی - می‌توان - می‌باشد.

اسید	pK <sub>a</sub>
HF	۳/۲۵
HCN	۹/۴۰
HOCl	۷/۶۲
HOBr	۸/۷

۱۳ - با توجه به جدول روبه‌رو کدام یک، باز قوی‌تری محسوب می‌شود؟

- (۱) F<sup>-</sup>  
 (۲) CN<sup>-</sup>  
 (۳) OCl<sup>-</sup>  
 (۴) OBr<sup>-</sup>

(آزاد - ریاضی - ۷۶)

۱۴ - طبق مدل «برونستد - لوری» کدام یون باز قوی‌تری است؟

- (۱) HSO<sub>4</sub><sup>-</sup> (۲) CH<sub>3</sub>COO<sup>-</sup> (۳) SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (۴) Cl<sup>-</sup>

۱۵ - با توجه به جدول روبه‌رو، کدام مقایسه درست انجام نشده است؟

- (۱) قدرت اسیدی: HOCl > HOBr  
 (۲) قدرت اسیدی: HF < HCN  
 (۳) قدرت بازی: OBr<sup>-</sup> > OCl<sup>-</sup>  
 (۴) قدرت بازی: F<sup>-</sup> < CN<sup>-</sup>

نام اسید	مشخصات
HCN	pK <sub>a</sub> = ۹/۴
HF	pK <sub>a</sub> = ۳/۲۵
HOBr	K <sub>a</sub> = ۲ × ۱۰ <sup>-۹</sup>
HOCl	K <sub>a</sub> = ۳/۷ × ۱۰ <sup>-۸</sup>

(آزاد - ریاضی - ۸۶؛ صبح)

۱۶ - کدام اکسیداسیدی زیر قوی‌تر از بقیه است؟

- (۱) SO<sub>3</sub> (۲) Cl<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (۳) P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> (۴) CO<sub>2</sub>

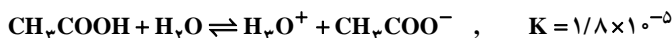
(آزاد - ریاضی - ۸۶: صبح)

۱۷ - کدام یک از مواد زیر، باز برونستد ضعیف تری است؟



(آزاد - پزشکی - ۶۷)

۱۸ - با توجه به داده‌های زیر نتیجه می‌شود که:



(۱) در این واکنش‌ها نقش آفوتری دارد.

(۲) خاصیت بازی  $\text{HS}^-$  از  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  بیشتر است.(۳) خاصیت اسیدی  $\text{H}_2\text{S}$  از  $\text{CH}_3\text{COOH}$  بیشتر است.۱۹ -  $\text{pK}_a$  هیدروسیانیک اسید و هیپوکلریت اسید به ترتیب برابر با  $9/4$  و  $7/4$  می‌باشد، کدام عبارت در رابطه با این دو اسید درست است؟

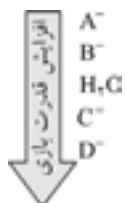
(۱) تفکیک هیدروسیانیک اسید در آب بیشتر انجام می‌شود.

(۲) در شرایط یکسان، غلظت یون‌های حاصل از تفکیک  $\text{HOCl}$  کم‌تر است.

(۳) میل برای جذب پروتون در یون سیانید بیش از یون هیپوکلریت است.

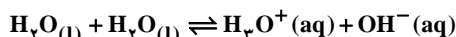
(۴) در شرایط یکسان، در محلول  $\text{HOCl}$  غلظت یون هیدرونیوم کم‌تر است.

۲۰ - با توجه به شکل روبه‌رو کدام عبارت درست است؟

(۱) قدرت اسیدی  $\text{HA}$  بیشتر از  $\text{HB}$  است.(۲) در  $\text{pK}_a$  در مورد  $\text{HB}$  بیشتر از  $\text{HD}$  است.(۳) اسید  $\text{HD}$  در آب به‌طور کامل تفکیک می‌شود.(۴) قدرت اسیدی  $\text{HB}$  کم‌تر از یون هیدرونیوم است.

### ۳ - ثابت یونش آب ( $K_w$ )

حتی در خالص‌ترین نمونه‌ی آب، مقادیر بسیار کمی یون‌های  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) و  $\text{OH}^-$  (aq) وجود دارد که حاصل خود - یونش مولکول‌های آب هستند:



باز مزدوج      اسید مزدوج      باز      اسید

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]^2}$$

ثابت تعادل این واکنش به‌صورت روبه‌رو نوشته می‌شود:

با توجه به ثابت بودن غلظت آب، این معادله را می‌توان به‌صورت ساده‌ی زیر بازنویسی کرد:

$$K \cdot [\text{H}_2\text{O}]^2 = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = K_w$$

در این معادله،  $K_w$  ثابت یونش یا حاصل ضرب یونی آب است.

۱۸ مقدار  $K_w$  به دما بستگی دارد و در دمای معین مقدار ثابتی است. در دمای اتاق

( $25^\circ\text{C}$ ) مقدار  $K_w$  برابر با  $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$  است و هرگونه تغییری در غلظت یون

(aq)  $\text{H}_3\text{O}^+$  یا (aq)  $\text{OH}^-$  تأثیری بر مقدار  $K_w$  ندارد.

در دمای معین،  $K_w$  مقدار ثابتی است که غلظت یون‌های (aq)  $\text{H}_3\text{O}^+$  و (aq)  $\text{OH}^-$  را به

هم مرتبط می‌کند:

$K_w$ (حاصل ضرب یونی آب)
$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$
$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = K_w \left( \frac{1}{[\text{OH}^-]} \right)$



این رابطه نشان می‌دهد که در دمای ثابت هرچه غلظت یون  $H_3O^+(aq)$  در یک محلول آبی افزایش یابد، غلظت یون  $OH^-(aq)$  باید کاهش یابد. در محلول‌های آبی و در دمای معین به شرط داشتن غلظت یکی از این دو یون، می‌توان غلظت یون دیگر را از رابطه‌ی فوق به دست آورد.

۱۷ کدام گزینه در مورد  $K_w$  (حاصل ضرب یونی آب) نادرست است؟

- (۱) مقدار  $K_w$  در دمای معین مقدار ثابتی است.
- (۲) در دمای ثابت هرچه غلظت یون  $H_3O^+(aq)$  در یک محلول آبی افزایش یابد، غلظت یون  $OH^-(aq)$  کاهش می‌یابد.
- (۳) در دمای اتاق  $K_w$  برابر  $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$  است.
- (۴) با افزایش در غلظت یون  $H_3O^+(aq)$  یا  $OH^-(aq)$  مقدار  $K_w$  افزایش می‌یابد.

مقدار  $K_w$  به دما بستگی دارد و در دمای معین مقدار ثابتی است و هرگونه تغییر در غلظت یون  $H_3O^+(aq)$  یا  $OH^-(aq)$  تأثیری بر مقدار  $K_w$  ندارد. پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۱۸ غلظت یون  $OH^-(aq)$  در یک محلول آبی در  $25^\circ\text{C}$  برابر با  $4.0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  است. غلظت یون  $H_3O^+(aq)$  در این محلول چه قدر است؟ (سراسری - تجربی - ۸۴ و آزاد - ریاضی - ۸۴)

- (۱)  $2 \times 10^{-10}$  (۲)  $2 \times 10^{-11}$  (۳)  $2/5 \times 10^{-10}$  (۴)  $2/5 \times 10^{-11}$

در دمای  $25^\circ\text{C}$ :  $[H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{4 \times 10^{-4}} = 2/5 \times 10^{-11} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

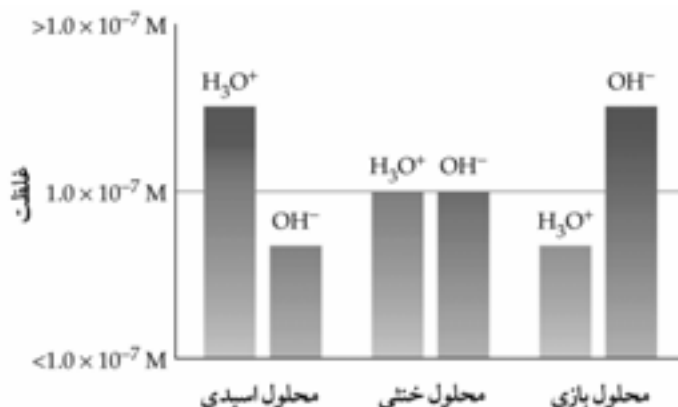
پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۱۹ برای آب خالص در دمای اتاق ( $25^\circ\text{C}$ ) غلظت یون‌های  $H_3O^+(aq)$  و  $OH^-(aq)$  با هم مساوی و برابر با  $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  است:

$25^\circ\text{C}$  در دمای خالص در آب:  $[H_3O^+] = [OH^-] = 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

به طور خلاصه در مورد محلول‌های آبی می‌توان نوشت:

- ۱) محلول خنثی است  $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$
- ۲) محلول اسیدی است  $[H_3O^+] > 10^{-7} > [OH^-]$
- ۳) محلول بازی است.  $[H_3O^+] < 10^{-7} < [OH^-]$



۱۹ با توجه به داده‌های زیر، کدام محلول خاصیت اسیدی بیشتری دارد؟

(سراسری ریاضی - ۷۴)

محلول	A	B	C	D
غلظت مولی	$[\text{OH}^-] = 10^{-12}$	$[\text{H}^+] = 10^{-3}$	$[\text{OH}^-] = 10^{-8}$	$[\text{H}^+] = 10^{-10}$

D (۴)

C (۳)

B (۲)

A (۱)

هرچه غلظت یون  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  بیشتر باشد، خاصیت اسیدی نیز بیشتر است.

A محلول :  $[\text{OH}^-] = 10^{-12} \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-12}} = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

B محلول :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

C محلول :  $[\text{OH}^-] = 10^{-8} \rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{10^{-14}}{[\text{OH}^-]} = \frac{10^{-14}}{10^{-8}} = 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$

D محلول :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-10} \text{ mol.L}^{-1}$

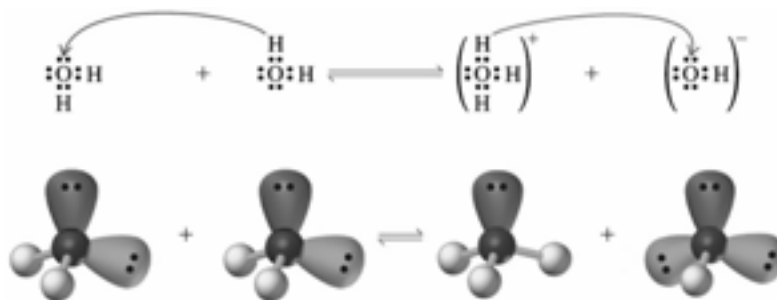
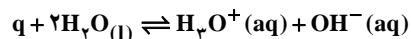
بنابراین با توجه به غلظت یون  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  در چهار محلول فوق، ترتیب خاصیت اسیدی به صورت زیر است:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] : A > B > C > D$$

پس گزینه‌ی ۱ درست است.

## اثر دما بر $K_w$

واکنش خود - یونش آب، فرایندی گرماگیر ( $\Delta H > 0$ ) است:



الف) افزایش دما: با افزایش دما، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت رفت جابه‌جا شده و غلظت یون‌های  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  و  $\text{OH}^-(\text{aq})$  به یک نسبت افزایش می‌یابد بنابراین مقدار عددی  $K_w$  نیز افزایش می‌یابد. اما از آنجا که غلظت  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  و  $\text{OH}^-(\text{aq})$  به یک نسبت افزایش می‌یابد، آب حالت خنثای خود را حفظ می‌کند.

ب) کاهش دما: با کاهش دما، طبق اصل لوشاتلیه، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا شده و ضمن کاهش فرایند خود - یونش آب، غلظت یون‌های  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  و  $\text{OH}^-(\text{aq})$  به یک نسبت کاهش می‌یابد بنابراین مقدار عددی  $K_w$  نیز کاهش می‌یابد. اما از آنجا که غلظت  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  و  $\text{OH}^-(\text{aq})$  به یک نسبت کاهش می‌یابد، آب حالت خنثای خود را حفظ می‌کند.

به طور خلاصه:

حالت آب	مقدار عددی $K_w$	غلظت یونها	دما
خنثی	$10^{-14}$	$[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$	$25^\circ C$
خنثی	بزرگتر از $10^{-14}$	$[H_3O^+] = [OH^-] > 10^{-7}$	بالتر از $25^\circ C$
خنثی	کوچکتر از $10^{-14}$	$[H_3O^+] = [OH^-] < 10^{-7}$	پایینتر از $25^\circ C$

۱۲۰. برای تعادل گرماگیر  $H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$  ، در  $25^\circ C$  داریم:  
 $[H^+][OH^-] = 1/0 \times 10^{-14}$  با توجه به آن، کدام گزینه در مورد غلظت مولی یونهای  $H^+(aq)$  در آب خالص در دمای  $25^\circ C$  درست است؟ (المپیاد - ۷۷)

- (۱)  $[H^+] < 1/0 \times 10^{-7} M$   
 (۲)  $[H^+] = 1/0 \times 10^{-7} M$   
 (۳)  $[H^+] > 1/0 \times 10^{-7} M$   
 (۴)  $[H^+] = 1/0 \times 10^{-14} M$

به جدول بالا نگاهی بیندازید! پس گزینه‌ی ۱ درست است.

۱۲۱. معادله‌ی یونش آب به صورت  $H_2O(l) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_3O^+(aq) + OH^-(aq)$  می‌باشد، در دمای  $6^\circ C$ ،  $K_w$  برابر  $9/6 \times 10^{-14}$  می‌باشد. با توجه به داده‌ها کدام یک از گزینه‌های زیر در مورد آب خالص در دمای  $6^\circ C$  نادرست است؟

- (۱) معادله‌ی حاصل ضرب یونی آب به صورت  $[H_3O^+(aq)][OH^-(aq)] = 9/6 \times 10^{-14}$  می‌باشد.  
 (۲) آب در این دما خاصیت اسیدی دارد.  
 (۳) غلظت  $H^+$  و  $OH^-$  آب خالص در این دما نسبت به  $25^\circ C$  بیشتر است.  
 (۴) معادله‌ی تفکیک آب گرماگیر است.

آب در هر دمایی خنثی است. پس گزینه‌ی ۲ پاسخ این تست است.

۲۱ - غلظت یون هیدرونیوم در یک نمونه‌ی آب در  $25^\circ C$  برابر  $2/5 \times 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$  است. غلظت یون  $OH^-(aq)$  در این نمونه آب کدام است؟

(آزاد - تجربی - ۸۴)

- (۱)  $2/5 \times 10^{-8}$  (۲)  $2/5 \times 10^{-6}$  (۳)  $4 \times 10^{-7}$  (۴)  $4 \times 10^{-6}$

۲۲ - واکنش یونش آب:  $(\text{آبی}) + OH^- + (\text{آبی}) \rightleftharpoons H_2O$  گرماگیر است. هرگاه در دمای  $25^\circ C$  برای آب خالص:  $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$  باشد، در دمای  $75^\circ C$  کدام مورد برای آن درست است؟ (المپیاد - ۷۲)

- (۱)  $[H^+] > [OH^-]$   
 (۲)  $[H^+] > 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$   
 (۳)  $[H^+] < [OH^-]$   
 (۴)  $[H^+] < 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$

۲۳ - دمای اتاق مقدار  $K_w$  آب خالص برابر ..... است و اگر در دمای اتاق به آن مقداری اسید بیافزاییم، مقدار  $K_w$  .....

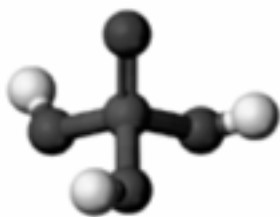
- (۱)  $10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$  کاهش می‌یابد.  
 (۲)  $10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$  ثابت می‌ماند.  
 (۳)  $10^{-14} \text{ mol}^2.L^{-2}$  کاهش می‌یابد.  
 (۴)  $10^{-14} \text{ mol}^2.L^{-2}$  ثابت می‌ماند.

۲۴ - افزایش اسید، باز و افزایش دما به ترتیب چه تأثیری بر مقدار  $K_w$  آب دارد؟

- (۱) افزایش می‌یابد - افزایش می‌یابد - افزایش می‌یابد.  
 (۲) افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد - کاهش می‌یابد.  
 (۳) کاهش می‌یابد - افزایش می‌یابد - کاهش می‌یابد.  
 (۴) ثابت می‌ماند - ثابت می‌ماند - افزایش می‌یابد.

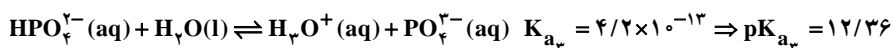
## ۴ - اسیدهای چند پروتون دار

به اسیدی مانند هیدروفلوئوریک اسید (HF) که قادر است پس از حل شدن در آب تنها یک پروتون به مولکول آب بدهد، اسید تک پروتون دار می‌گویند. این در حالی است که برخی اسیدها مانند هیدروسولفوریک اسید ( $H_2S$ ) و فسفریک اسید ( $H_3PO_4$ ) به ترتیب می‌توانند دو و سه پروتون به آب بدهند. در این‌گونه اسیدها از دست دادن هر پروتون طی یک مرحله‌ی تعادلی انجام می‌شود:

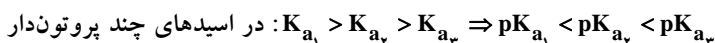


( $H_3PO_4$ )

فسفریک اسید ( $H_3PO_4$ ) طی سه مرحله‌ی زیر یونیده می‌شود:



همانطور که دیده می‌شود ترتیب مقادیر  $K_a$  و  $pK_a$  به صورت زیر است:



در اسیدهای چند پروتون دار همواره ثابت یونش هر مرحله نسبت به مرحله‌ی بعد از خود بیشتر است ( $K_{a_1} > K_{a_2} > K_{a_3}$ ). برای این پدیده دو علت می‌توان ذکر کرد:

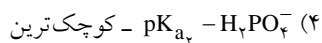
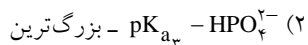
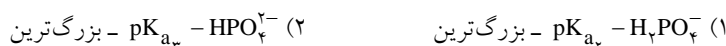
- در مرحله‌ی اول، پروتون ( $H^+$ ) از یک مولکول خنثی جدا می‌شود، در حالی که در مراحل بعدی، پروتون ( $H^+$ ) از یک ذره‌ی با بار منفی جدا می‌شود. بدیهی است که جدا شدن  $H^+$  از مولکول خنثی به مراتب آسان‌تر انجام می‌شود. هرچه بار منفی بیشتر شود جدا کردن  $H^+$  نیز سخت‌تر خواهد شد.
- تأثیر  $H_3O^+$  تولید شده در مرحله‌ی اول: وجود  $H_3O^+$  تولید شده در مرحله‌ی اول، طبق اصل لوشاتلیه، تا حدودی مانع از یونش مراحل بعدی می‌شود.

علت مشکل‌تر بودن مرحله‌ی دوم یونش اسیدهای دو پروتونی کدام است؟

- افزایش pH محلول (۱)
- افزایش قطبیت پیوند (۲) (پیام نور - ۶۸)
- تأثیر یون  $H^+$  (۳)
- کم شدن تمایل آب به جذب  $H^+$  (۴)

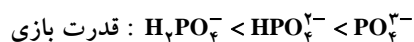
بدون شرح! پس گزینه‌ی ۳ درست است.

در مراحل یونش فسفریک اسید ( $H_3PO_4$ ) جدا شدن پروتون از ذره‌ی ..... در آن ..... مقدار عددی را دارا است.



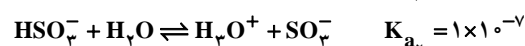
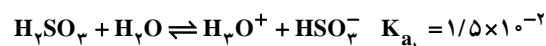
با توجه به نکته‌ی ۱۹، در فسفریک اسید جدا کردن سومین پروتون (یعنی جدا کردن پروتون از یون  $HPO_4^{2-}$ ) از همه دشوارتر است و این مرحله کوچک‌ترین  $K_a$  (و بزرگ‌ترین  $pK_a$ ) را دارد. به عبارت دیگر  $pK_{a_3}$  بزرگ‌ترین  $pK_a$  در فسفریک اسید است. پس گزینه‌ی ۲ درست است.

۱۱۱ در اسیدهای چند پروتون دار با توجه به کاهش  $K_a$  در مراحل متوالی یونش، اسیدها به ترتیب ضعیف تر، ولی بازهای مزدوج آن‌ها به ترتیب قوی تر می‌شوند. برای مثال در محلول فسفریک اسید ( $H_3PO_4$ ) می‌توان نوشت:



به بیان دیگر، در بین یون‌های منفی حاصل از یونش اسیدهای چند پروتونی، هرچه بار منفی یک یون بیشتر باشد، قدرت بازی (پروتون‌گیری) آن نیز بیشتر می‌شود.

۱۱۲ با توجه به واکنش‌های روبه‌رو:



کدام گزینه درست است؟

۱) یون  $HSO_3^-$  در مقایسه با یون  $SO_3^{2-}$  قدرت بازی کم‌تری دارد.

۲)  $H_2SO_3$  نقش آمفوتری دارد.

۳) قدرت اسیدی  $HSO_3^-$  بیشتر از  $H_2SO_3$  است.

۴)  $H_3O^+$  در مقابل  $SO_3^{2-}$  نقش اسیدی و در مقابل  $HSO_3^-$  نقش بازی دارد.

۱۱۳ یون  $SO_3^{2-}$  نسبت به  $HSO_3^-$  بار منفی بیشتری دارد لذا قدرت بازی آن نیز بیشتر است.

سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌کنیم:

۱  $H_2SO_3$  فقط نقش اسیدی دارد و بس!

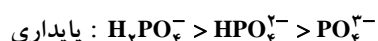
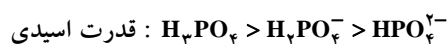
۲ با توجه به مقدار  $K_a$ ، قدرت اسیدی  $HSO_3^-$  کم‌تر از  $H_2SO_3$  است.

۳  $H_3O^+$  در هر دو واکنش خاصیت اسیدی دارد. اصولاً  $H_3O^+$  همواره یک اسید لوری -

برونستد می‌باشد.

پس گزینه‌ی ۱ درست است.

۱۱۴ هرچه یک اسید قوی‌تر باشد باز مزدوج آن پایدارتر است. بنابراین در مراحل یونش فسفریک اسید داریم:



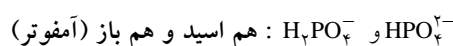
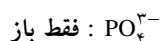
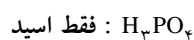
۱۱۵ فسفریک اسید ( $H_3PO_4$ ) در سه مرحله یونش می‌یابد باز مزدوج کدام مرحله پایدارتر است؟

(آزاد - ریاضی - ۸۵؛ صحیح)

۱) سوم ۲) دوم ۳) اول ۴) تفاوتی ندارند.

بدون شرح! پس گزینه‌ی ۳ درست است.

۱۱۶ با توجه به مراحل متوالی یونش اسیدهای چند پروتون دار، مولکول اولیه فقط در نقش اسید و آخرین آنیون فقط در نقش باز ظاهر می‌شود. سایر آنیون‌ها هم به عنوان اسید و هم به عنوان باز عمل می‌کنند یعنی آمفوتر هستند. برای مثال در محلول فسفریک اسید ( $H_3PO_4$ ) داریم:



(آزاد - ریاضی - ۷۹)

کدام یک از ترکیبات زیر فقط می‌تواند باز پروتستد باشد؟



بدون شرح! پس گزینه‌ی ۴ درست است.



کاربرد فسفریک اسید در تولید کود شیمیایی ...



کاربرد فسفریک اسید در تهیه‌ی پاک‌کننده‌ها ...

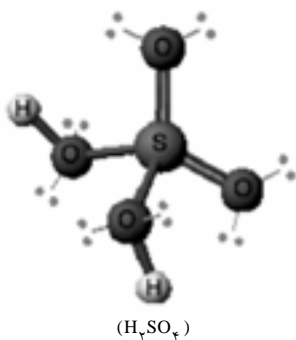
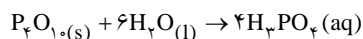


کاربرد فسفریک اسید در داروسازی ...

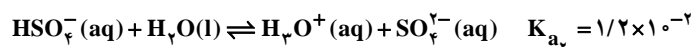
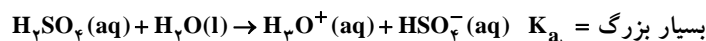


کاربرد فسفریک اسید در تهیه‌ی فوراگ دام!!!

فسفریک اسید ( $H_3PO_4$ ) از جمله پرمصرف‌ترین مواد شیمیایی در صنعت است. به‌عنوان ماده‌ی افزودنی در نوشابه‌های گازدار کاربرد دارد و در تولید کودهای شیمیایی، پاک‌کننده‌های صابونی و غیرصابونی، تصفیه‌ی آب، خوراک دام و داروسازی به کار می‌رود. فسفریک اسید خوراکی را از افزودن آب به  $P_4O_{10}$  می‌سازند:



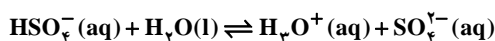
سولفوریک اسید ( $H_2SO_4$ ) یک اسید دو پروتون‌دار منحصر به فرد است زیرا در مرحله‌ی اول یونش خود، یک اسید قوی و در مرحله‌ی دوم یونش، یک اسید ضعیف است:



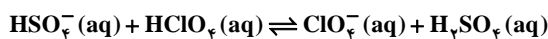
با توجه به این که مرحله‌ی اول یونش سولفوریک اسید یک طرفه و برگشت‌ناپذیر است، یون  $\text{HSO}_4^- (\text{aq})$  نمی‌تواند در محلول سولفوریک اسید با گرفتن پروتون ( $\text{H}^+$ ) دوباره به  $\text{H}_2\text{SO}_4$  تبدیل شود. به همین دلیل یون  $\text{HSO}_4^- (\text{aq})$  در محلول سولفوریک اسید نمی‌تواند خاصیت بازی داشته باشد، بلکه فقط می‌تواند در مرحله‌ی دوم یونش در نقش یک اسید، پروتون ( $\text{H}^+$ ) خود را از دست داده و به یون  $\text{SO}_4^{2-} (\text{aq})$  تبدیل شود. بنابراین یون  $\text{HSO}_4^-$  در محلول سولفوریک اسید آفوتر نبوده و فقط خاصیت اسیدی دارد. پس به‌طور خلاصه، در محلول سولفوریک اسید ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ):

اسید:  $\text{H}_2\text{SO}_4$  و  $\text{HSO}_4^-$  باز:  $\text{SO}_4^{2-}$  آفوتر: نداریم

و اما یک مطلب مهم: در بخش ۲ در قسمت «ترکیب‌های آفوتر» دانستیم که یون  $\text{HSO}_4^-$  آفوتر است و می‌تواند هم نقش اسید و هم نقش باز را ایفا کند. شاهد ما مثال‌های زیر است:



باز اسید



اسید باز

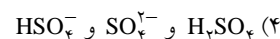
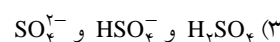
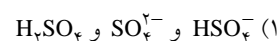
چگونه می‌توان این دو مطلب متناقض را هضم کرد! بالاخره  $\text{HSO}_4^-$  آفوتر هست یا نیست؟!

چاره‌ی کار چیست؟ چاره‌ی کار آسان است! در محدوده‌ی تست‌های کنکور سراسری و آزاد  $\text{HSO}_4^-$  را آفوتر فرض نمایید ولی اگر علاقه‌مند به حل تست‌های المپیاد بودید، بدانید که در تست‌های المپیاد  $\text{HSO}_4^-$  را آفوتر نمی‌دانند. می‌گی نه! به مثال‌های زیر نگاه کن!!!

۱۷۷ در مراحل یونش سولفوریک اسید، اسید، باز و آفوتر برونستد و لوری به ترتیب از

(آزاد - ریاضی - ۸۲ و سراسری - ریاضی - ۷۸: با کمی تغییر)

راست به چپ کدامند؟

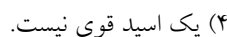
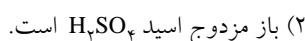


بدون شرح! پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۱۷۸ با توجه به این مطلب که اولین H اسیدی سولفوریک اسید، یک اسید قوی است، کدام

(المپیاد - مرحله‌ی اول - ۷۹ - ۷۸)

گزینه در مورد یون  $\text{HSO}_4^-$  نادرست است؟



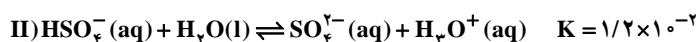
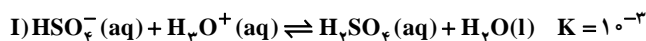
همان‌طور که گفتیم در المپیادها،  $\text{HSO}_4^-$  را آفوتر نمی‌دانند. پس گزینه‌ی ۳ درست است.

۱۲۹) کدام یک از یون‌های زیر در حلال آب نقش آمفوتر دارد؟ (المپیاد - ۸۱)

$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ (d)	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$ (c)	$\text{HSO}_4^-$ (b)	$\text{HSO}_4^-$ (a)
c و b (۴)	d و a (۳)	c و a (۲)	d و b (۱)

با توجه به مطالب بخش ۲، قسمت «ترکیب‌های آمفوتر»، با  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  خاصیت آمفوتری ندارد.  $\text{HSO}_4^-$  را هم در المپیاد آمفوتر نمی‌دانند بنابراین فقط  $\text{HSO}_4^-$  و  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  آمفوتر هستند. پس گزینه‌ی ۱ درست است.

۱۳۰) با توجه به واکنش‌های زیر:



کدام مطلب درست است؟ (سراسری - ریاضی - ۸۰)

۱) قدرت اسیدی یون  $\text{HSO}_4^-$  از قدرت اسیدی یون  $\text{H}_3\text{O}^+$  بیشتر است.

۲) قدرت بازی یون  $\text{HSO}_4^-$  از قدرت بازی آب بیشتر است.

۳) مولکول  $\text{H}_2\text{O}$  در واکنش II، نقش باز را دارد.

۴) یون  $\text{HSO}_4^-$  در واکنش I، نقش اسید را دارد.

در واکنش (II) مولکول  $\text{H}_2\text{O}$  با گرفتن یک پروتون ( $\text{H}^+$ ) از  $\text{HSO}_4^-$  به  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  تبدیل شده است که نشان می‌دهد  $\text{H}_2\text{O}$  نقش بازی داشته است.

سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌نماییم:

I) در واکنش (I) یون  $\text{HSO}_4^-$  نقش باز برنستد و یون  $\text{H}_3\text{O}^+$  نقش اسید برنستد را دارد. پس قدرت اسیدی  $\text{H}_3\text{O}^+$  از قدرت اسیدی  $\text{HSO}_4^-$  بیشتر است.

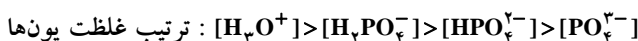
II) در واکنش (II) یون  $\text{HSO}_4^-$  نقش اسید برنستد و  $\text{H}_2\text{O}$  نقش بازبرنستد را دارد. لذا قدرت بازی  $\text{H}_2\text{O}$  از قدرت بازی  $\text{HSO}_4^-$  بیشتر است.

III) در واکنش (I) یون  $\text{HSO}_4^-$  نقش باز برنستد و یون  $\text{H}_3\text{O}^+$  نقش اسید برنستد را ایفا می‌کنند.

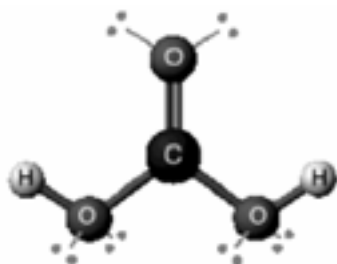
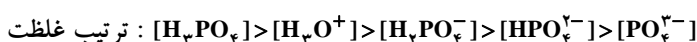
پس گزینه‌ی ۳ درست است.

۱۳۵) در محلول اسیدهای چند پروتون‌دار، غلظت یون  $\text{H}_3\text{O}^+$  از سایر یون‌ها بیشتر است زیرا در همه‌ی

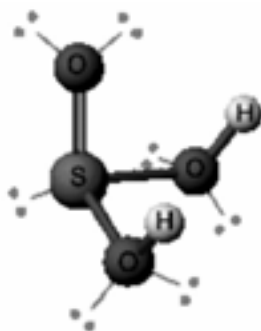
مراحل تولید می‌شود (اگرچه برای اسیدهای چند پروتون‌دار سهم تولید یون  $\text{H}_3\text{O}^+$  از مراحل یونش دوم یا سوم، آن‌چنان کم است که می‌توان از آن‌ها چشم‌پوشی کرد). در بین آنیون‌ها نیز، هرچه بار منفی آنیون بیشتر باشد غلظت آن کم‌تر است. زیرا مربوط به مراحل بعدی یونش است که ثابت یونش و پیشرفت کم‌تری دارند. برای مثال، ترتیب غلظت یون‌ها در محلول فسفریک اسید ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) به‌صورت زیر است:



تذکر: در اسیدهای چند پروتون‌دار ضعیف (همه‌ی اسیدهای چند پروتون‌دار به جز  $\text{H}_2\text{SO}_4$  که یک اسید قوی است) غلظت اسید یونیده نشده از غلظت  $\text{H}_3\text{O}^+$  نیز بیشتر است. زیرا همان‌طور که می‌دانید اسیدهای ضعیف، بیشتر به‌صورت مولکولی در آب حل می‌شوند. بنابراین در محلول فسفریک اسید ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) ترتیب غلظت گونه‌ها به‌صورت زیر خواهد بود:



( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )



( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

سولفورواسید ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) و کربنیک

اسید ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) اسیدهای دو پروتون‌دار آشنایی هستند که بیشتر به واسطه‌ی نمک‌هایشان شهرت یافته‌اند. این دو اسید ناپایدارند و تاکنون به‌صورت خالص جدا نشده‌اند. از این‌رو به‌جای این فرمول‌های شیمیایی، بهتر است آن‌ها را به‌ترتیب با نمادهای  $\text{SO}_3(\text{aq})$  و  $\text{CO}_2(\text{aq})$  نمایش داد.



۱۳۱) غلظت کدام یون در محلول آبی فسفریک اسید بیشتر است؟ (تربیت معلم تجربی - ۶۶)

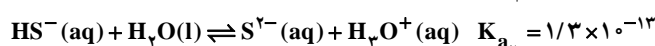
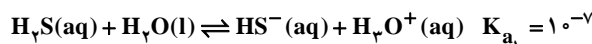


بدون شرح! پس گزینه ی ۳ درست است.

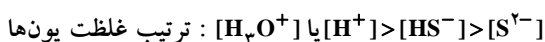
۱۳۲) در محلول  $H_2S$  در آب، غلظت کدام یون به ترتیب، بیشتر از همه و کدام یک، کم تر از بقیه است؟ (از راست به چپ بخوانید) (آزاد - ریاضی - ۷۸ و ۸۶: عصر)



هیدروسولفوریک اسید ( $H_2S(aq)$ ) دارای دو مرحله ی یونش به صورت زیر است:

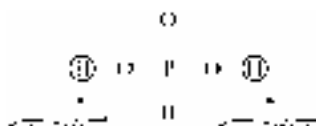


ترتیب غلظت یون های حاصل از یونش  $H_2S(aq)$  به صورت زیر است:

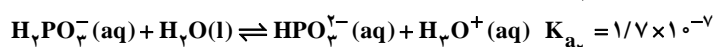
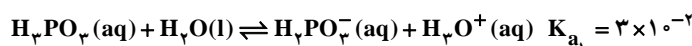


بنابراین  $H^+$  یا  $H_3O^+$  بیشترین غلظت و  $S^{2-}$  کم ترین غلظت را دارد. پس گزینه ی ۴ درست است.

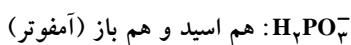
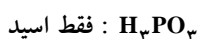
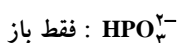
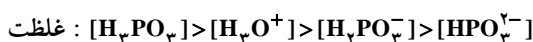
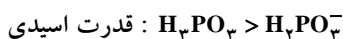
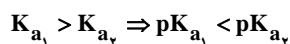
### بررسی ویژگی های محلول فسفرواسید ( $H_3PO_3$ )



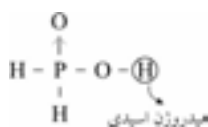
اگرچه فسفرواسید ( $H_3PO_3$ ) دارای ۳ هیدروژن است ولی فقط ۲ هیدروژن اسیدی (هیدروژن متصل به اکسیژن) دارد، بنابراین محلول این اسید دارای ۲ مرحله یونش می باشد:



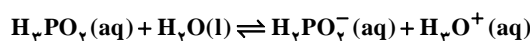
بنابراین در محلول فسفرواسید ( $H_3PO_3$ ) داریم:



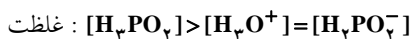
### بررسی ویژگی های محلول هیپوفسفراسید ( $H_3PO_2$ )



اگرچه هیپوفسفراسید ( $H_3PO_2$ ) دارای سه هیدروژن است ولی فقط یک هیدروژن اسیدی (هیدروژن متصل به اکسیژن) دارد. بنابراین محلول این اسید فقط یک مرحله یونش دارد:



با توجه به این که  $H_3PO_2$  یک مرحله یونش دارد بنابراین غلظت  $H_3O^+$  و  $H_2PO_2^-$  با یکدیگر برابر است. پس در محلول هیپوفسفراسید ( $H_3PO_2$ ) داریم:



ضمناً در این محلول،  $H_3PO_2$  گونه ی اسیدی و  $H_2PO_2^-$  گونه ی بازی به شمار می آید.

۲۵ - فسفریک اسید یک اسید ..... پروتون دار است و پروتون ..... آن سخت تر از دو پروتون دیگر جدا می شود. (آزاد - تجربی - ۸۴)

(۱) دو - دوم (۲) دو - اول (۳) سه - سوم (۴) سه - اول

۲۶ -  $pK_a$  کدام ترکیب زیر کوچک تر است؟ (آزاد - ریاضی - ۸۴)

(۱)  $H_3PO_4$  (۲)  $H_2PO_4^-$  (۳)  $HPO_4^{2-}$  (۴)  $PO_4^{3-}$

۲۷ - در محلول فسفریک اسید رقیق، غلظت کدام یون بیشتر از بقیه است؟ (آزاد - پزشکی - ۷۹)

(۱)  $PO_4^{3-}$  (۲)  $H_2PO_4^-$  (۳)  $HPO_4^{2-}$  (۴)  $H^+$

۲۸ - کدام عبارت در رابطه با تفکیک فسفریک اسید درست عنوان نشده است؟

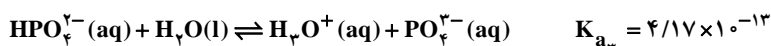
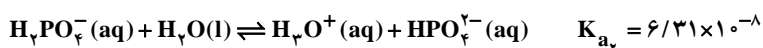
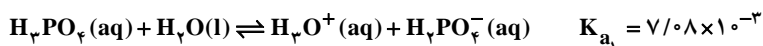
(۱) از دست دادن هر پروتون طی یک مرحله‌ی تعادلی انجام می شود.

(۲) یون هیدروژن فسفات نسبت به سایر یون‌ها غلظت کمتری دارد.

(۳) در مراحل تفکیک این اسید دو یون آموتر دیده می شود.

(۴) هر مرحله نسبت به مرحله‌ی قبل  $pK_a$  بزرگ‌تری دارد.

۲۹ - با توجه به واکنش‌های زیر که مراحل تفکیک فسفریک اسید ( $H_3PO_4$ ) را نشان می دهد، کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟



(۱) قدرت بازی  $HPO_4^{2-}$  از  $PO_4^{3-}$  بیشتر است.

(۲) جدا شدن سومین پروتون از همه دشوارتر است.

(۳) غلظت  $PO_4^{3-}$  نسبت به دیگر یون‌ها کم تر است.

(۴)  $H_3PO_4$  فقط خاصیت اسیدی و  $PO_4^{3-}$  فقط خاصیت بازی دارد.

۳۰ - کدام گزینه در مورد سولفورواسید و کربنیک اسید درست بیان نشده است؟

(۱) اسیدهای دو پروتون دار هستند.

(۲) این دو اسید ناپایدارند.

(۳) تاکنون به صورت خالص جدا نشده اند.

(۴) بهتر است فرمول‌های شیمیایی آن‌ها را به ترتیب با نمادهای  $H_2SO_4$  و  $H_2CO_3$  نمایش داد.

۳۱ - کدام گزینه در مورد فسفریک اسید درست بیان نشده است؟

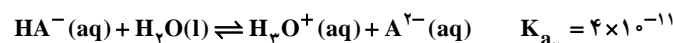
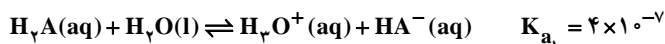
(۱) یکی از پرمصرف‌ترین مواد شیمیایی در صنعت است.

(۲) به عنوان ماده‌ی افزودنی در نوشابه‌های گازدار کاربرد دارد.

(۳) در تولید کودهای شیمیایی، پاک‌کننده‌های صابونی و غیرصابونی، تصفیه‌ی آب، خوراک دام و داروسازی به کار می رود.

(۴) فسفریک اسید خوراکی را از افزودن آب به  $P_4O_6$  می سازند.

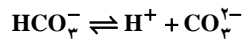
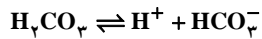
۳۲ - با توجه به داده‌های زیر:



(۱)  $H_3O^+$  در مقابل  $A^{2-}$  نقش اسید برونستد را دارد. (۲) آب در مقابل  $H_2A$  نقش اسید برونستد را دارد.

(۳)  $HA^-$  در مقایسه با  $H_2A$  قدرت اسیدی بیشتری دارد. (۴)  $HA^-$  نسبت به  $A^{2-}$  قدرت بازی بیشتری دارد.

۳۳ - با توجه به داده‌های زیر:



(آزاد - ریاضی - ۶۷)

می‌توان دانست که:

(۱) قدرت بازی  $\text{CO}_3^{2-}$  از  $\text{HCO}_3^-$  کم‌تر است.

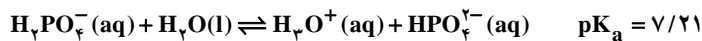
(۲) در محلول  $\text{CO}_2$ ، غلظت  $\text{CO}_3^{2-}$  از غلظت  $\text{HCO}_3^-$  کم‌تر است.

(۳) انحلال  $\text{CO}_2$  در آب، در جهت کاهش میزان بی‌نظمی است.

(۴)  $\text{CO}_3^{2-}$  خصلت آمفوتری دارد.

۳۴ - با توجه به معادله‌ی واکنش زیر که یک مرحله از تفکیک فسفریک اسید در آب را نشان می‌دهد، کدام عبارت درست عنوان

شده است؟



(۱) ثابت یونش در مرحله‌ی بعدی تفکیک، بزرگ‌تر از مرحله‌ی فوق است.

(۲) غلظت یون‌های  $\text{PO}_4^{3-}$  نسبت به  $\text{HPO}_4^{2-}$  بیشتر است.

(۳) غلظت یون‌های  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  بیش از  $\text{HPO}_4^{2-}$  می‌باشد.

(۴) قدرت بازی یون  $\text{HPO}_4^{2-}$  کم‌تر از  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  است.

۴۰	پلکان آموزش
۷۱	پاسخ تست‌های پلکان آموزش
۷۵	پلکان آزمون
۷۸	پاسخ‌های پلکان آزمون

## پاسخ تست‌های پلکان آموزش

۱ - رجوع کنید به تعریف درجه‌ی تفکیک یونی ( $\alpha$ ) پس گزینه‌ی ۳ درست است.

۲ - ابتدا تعداد مولکول‌های یونیده شده را به دست می‌آوریم:  
تعداد مولکول‌های یونیده شده  
تعداد مولکول‌های یونیده نشده - تعداد کل مولکول‌های حل شده =  
 $= 1000 - 986 = 14$   
اکنون از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

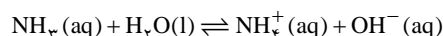
$$\alpha (\%) = \frac{\text{تعداد مولکول‌های یونیده شده}}{\text{تعداد کل مولکول‌های حل شده}} \times 100 = \text{درصد یونش } (\alpha)$$

$$= \frac{14}{1000} \times 100 = 1.4\%$$

پس گزینه‌ی ۲ درست است.

۳ - هرچه درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) یا درصد یونش ( $\alpha$ ) اسید یا باز در آب بیشتر باشد، قدرت اسیدی یا بازی نیز بیشتر است.  
پس گزینه‌ی ۳ درست است.

۴ - معادله‌ی یونش آمونیاک در آب به صورت زیر است:



$$K = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3][\text{H}_2\text{O}]} \Rightarrow K_b = K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۵ - در شرایط یکسان هرچه مقدار عددی  $K_a$  بزرگ‌تر باشد، قدرت اسیدی و غلظت  $\text{H}^+$  بیشتر است. بنابراین:

سومی > دومی > اولی : مقدار عددی ثابت یونش ( $K_a$ )

سومی > دومی > اولی : غلظت  $\text{H}^+$

پس گزینه‌ی ۴ درست است.

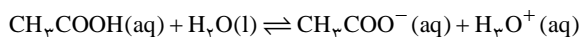
۶ - با توجه به نکته‌ی ۵ هرچه مقدار عددی  $K_a$  بزرگ‌تر باشد قدرت اسیدی نیز بیشتر است. با توجه به این‌که مقدار  $K_a$  برای فسفریک اسید نسبت به استیک اسید بیشتر است بنابراین فسفریک اسید، اسید قوی‌تری است.

پس گزینه‌ی ۱ درست است.

۷ - رجوع کنید به نکته‌ی ۹.

پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۸ - واکنش تفکیک یونی استیک اسید در آب به صورت زیر است:



$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}][\text{H}_2\text{O}]}$$

$$\Rightarrow K_a = K \cdot [\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]}$$

حال با توجه به اطلاعات داده شده می‌توان مقدار  $K$  را محاسبه کرد:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1000}{18} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$K_a = K[\text{H}_2\text{O}] \Rightarrow K = \frac{K_a}{[\text{H}_2\text{O}]} = \frac{1/18 \times 10^{-5}}{1000/18} \Rightarrow K = 3/24 \times 10^{-7}$$

پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۹ - ابتدا درصد یونش ( $\alpha$ ) را به درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) تبدیل می‌کنیم:

$$\alpha (\%) = \frac{\text{درصد یونش } (\alpha)}{100} = \frac{2}{100} = 0.02$$

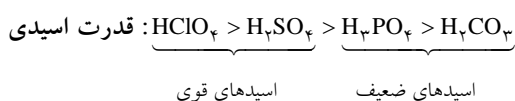
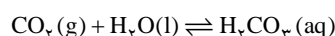
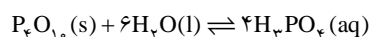
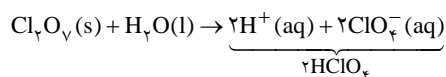
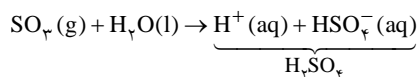
HA اسید ضعیفی است زیرا مقدار  $\alpha$  در آن بسیار کوچک است. لذا با استفاده از رابطه‌ی زیر، مقدار  $K_a$  را به دست می‌آوریم:

$$K_a = M \cdot \alpha^2 = 0.1 \times (0.02)^2 = 4 \times 10^{-5}$$

پس گزینه‌ی ۲ درست است.

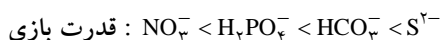
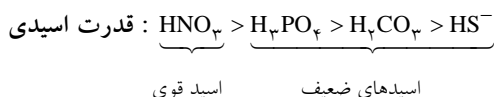
۱۵ - هرچه  $pK_a$  کوچکتر باشد قدرت اسیدی بیشتر است. بنابراین چون  $pK_a$  مربوط به HF کوچکتر از HCN است لذا قدرت اسیدی HF بیشتر از HCN است.  
پس گزینه ۲ درست است.

۱۶ - واکنش اکسیدهای اسیدی داده شده را با آب می‌نویسیم:



پس گزینه ۲ درست است.

۱۷ - هرچه اسید قوی‌تر باشد باز مزدوج آن ضعیف‌تر است:



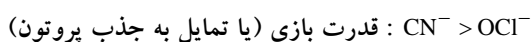
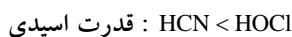
پس گزینه ۳ درست است.

۱۸ - قدرت اسیدی  $CH_3COOH$  بیشتر از  $H_2S$  است (زیرا  $K_a$  آن بزرگتر از  $H_2S$  است). با توجه به این‌که هرچه اسید قوی‌تر باشد باز مزدوج آن ضعیف‌تر است لذا قدرت بازی  $HS^-$  بیشتر از  $CH_3COO^-$  می‌باشد.



پس گزینه ۳ درست است.

۱۹ - هرچه  $pK_a$  بزرگتر باشد قدرت اسیدی کم‌تر است. بنابراین قدرت اسیدی هیدروسیانیک اسید (HCN) از هیپوکلرواسید (HOCl) کم‌تر است، اما قدرت بازی (یا تمایل به جذب پروتون) یون  $CN^-$  از یون  $OCl^-$  بیشتر است:



سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌نماییم:

HCN اسید ضعیف‌تری است لذا کم‌تر تفکیک می‌شود. ۱

۱۰ - ابتدا درصد یونش را به درجه‌ی یونش تبدیل می‌کنیم:

$$\text{درصد یونش } (\alpha) = \frac{\alpha}{100} = \frac{0.8}{100} = 0.008$$

HA اسید ضعیفی است زیرا مقدار  $\alpha$  در آن عددی بسیار کوچک است لذا با استفاده از رابطه‌ی زیر، مقدار  $K_a$  را به دست می‌آوریم:

$$K_a = M \cdot \alpha^2 = 0.1 \times (0.008)^2 = 6.4 \times 10^{-6}$$

پس گزینه ۱ درست است.

۱۱ - با توجه به این‌که مقدار  $pK_b$  را داریم می‌توان نوشت:

$$pK_b = 3/32 \Rightarrow K_b = 10^{-pK_b} = 10^{-3/32}$$

با توجه به مقدار  $K_b = 10^{-3/32}$ ، می‌توان دریافت که مقدار عددی  $K_b$  از  $10^{-3}$  بزرگ‌تر و از  $10^{-4}$  کوچک‌تر است. سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌کنیم:

۱ با توجه به این‌که  $H_2O$  یک پروتون ( $H^+$ ) به  $CH_3NH_2$  داده است لذا  $H_2O$  نقش اسید برنستند را دارد.

۲ یون متیل آمونیوم  $CH_3NH_3^+$  اسید مزدوج  $CH_3NH_2$  می‌باشد.

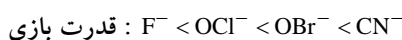
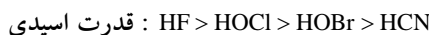
۳ مقدار  $K_b$  فقط با دما تغییر می‌کند و اضافه کردن اسید یا باز تأثیری بر مقدار  $K_b$  ندارد.

پس گزینه ۴ درست است.

۱۲ - رجوع کنید به نکته ۱۲.

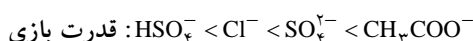
پس گزینه ۲ درست است.

۱۳ - هرچه یک اسید ضعیف‌تر باشد باز مزدوج آن قوی‌تر است. قدرت اسیدی HCN از بقیه کم‌تر است (زیرا  $pK_a$  بزرگ‌تری دارد)، بنابراین باز مزدوج آن ( $CN^-$ ) باز قوی‌تری است:



پس گزینه ۲ درست است.

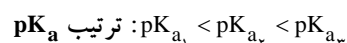
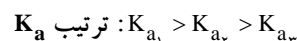
۱۴ - هرچه یک اسید ضعیف‌تر باشد باز مزدوج آن قوی‌تر است. توصیه‌ی اکید می‌کنیم که ترتیب قدرت اسیدها را، که در جدول (۱) یا در نکته ۱۳ آمده است، حفظ نماییم:



پس گزینه ۲ درست است.

۲۵ - فسفریک اسید ( $H_3PO_4$ ) یک اسید سه پروتون‌دار است و پروتون سوم آن سخت‌تر از دو پروتون دیگر جدا می‌شود. پس گزینه‌ی ۳ درست است.

۲۶ - فسفریک اسید طی سه مرحله یونیده می‌شود و ترتیب  $K_a$  و  $pK_a$  هر مرحله به‌صورت زیر است:

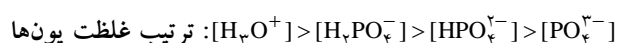


پس گزینه‌ی ۱ درست است.

۲۷ - رجوع کنید نکته‌ی ۲۴.

پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۲۸ - در فسفریک اسید، ترتیب غلظت یون‌ها به‌صورت زیر است:



غلظت یون فسفات ( $PO_4^{3-}$ ) از همه کم‌تراست نه یون هیدروژن فسفات ( $HPO_4^{2-}$ ).

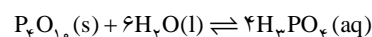
پس گزینه‌ی ۲ درست است.

۲۹ - در آنیون‌های حاصل از یونش یک اسید چند پروتون‌دار، هرچه بار منفی بیشتر باشد قدرت بازی آن بیشتر است. قدرت بازی  $PO_4^{3-}$  از  $H_2PO_4^-$  و  $HPO_4^{2-}$  بیشتر است. پس گزینه‌ی ۱ درست است.

۳۰ - سولفورواسید ( $H_2SO_3$ ) و کربنیک اسید ( $H_2CO_3$ ) ناپایدارند و تاکنون به‌صورت خالص جدا نشده‌اند لذا بهتر است که به‌جای این فرمول‌های شیمیایی، آن‌ها را با نمادهای  $SO_2(aq)$  و  $CO_2(aq)$  نمایش داد.

پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۳۱ - فسفریک اسید خوراکی را از افزودن آب به  $P_2O_5$  می‌سازند:



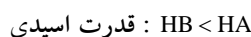
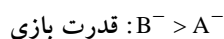
پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۳۲ - در واکنش برگشت چون  $H_3O^+(aq)$  به  $A^{2-}$  پروتون ( $H^+$ ) داده است، نقش اسید لوری - پرونستد را ایفا کرده است.

۲۹ - چون  $HOCI$  اسید قوی‌تری است، بیشتر تفکیک می‌شود. بنابراین غلظت یون‌های حاصل از تفکیک آن در شرایط یکسان (ازدما و مولاریته) بیشتر است.

۳۰ - چون  $HOCI$  اسید قوی‌تری است لذا غلظت یون  $H_3O^+$  در آن در مقایسه با  $HCN$  بیشتر است. پس گزینه‌ی ۳ درست است.

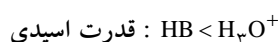
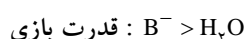
۲۰ - هرچه باز ضعیف‌تر باشد اسید مزدوج آن قوی‌تر است.



سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌کنیم:

۳۱ - قدرت اسیدی  $HB$  بیشتر از  $HD$  است لذا  $pK_a$  آن کم‌تر است.

۳۲ - قدرت اسیدی  $HD$  از  $H_3O^+$  کم‌تر است و فقط اسیدهای قوی‌تر از  $H_3O^+$  در آب به‌طور کامل یونیده می‌شوند. بنابراین  $HD$  در آب به‌طور جزئی یونیده می‌شود.



پس گزینه‌ی ۱ درست است.

۲۱ -  $[H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$  در دمای  $25^\circ C$

$$\Rightarrow [OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H_3O^+]} = \frac{10^{-14}}{2.5 \times 10^{-8}} = 4 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$$

پس گزینه‌ی ۳ درست است.

۲۲ - چون فرایند خود یونش آب گرماگیر است با افزایش دما، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و به این ترتیب غلظت  $H_3O^+(aq)$  و  $OH^-(aq)$  به یک اندازه افزایش می‌یابد و از مقدار آن در دمای  $25^\circ$  (یعنی  $10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$ ) بیشتر می‌شود:



پس گزینه‌ی ۲ درست است.

۲۳ - مقدار  $K_w$  فقط به دما بستگی دارد و افزایش اسید یا باز، در دمای ثابت، تأثیری در مقدار  $K_w$  ندارد.

پس گزینه‌ی ۴ درست است.

۲۴ - افزایش اسید و باز تأثیری بر مقدار  $K_w$  ندارد ولی افزایش دما باعث افزایش مقدار  $K_w$  می‌شود.

پس گزینه‌ی ۴ درست است.

سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌کنیم:

۴ در واکنش اول،  $H_2O(l)$  از  $H_2A(aq)$  یک پروتون ( $H^+$ )

گرفته و به  $H_2O^+(aq)$  تبدیل شده است لذا نقش باز برونستد را دارد.

۴ و ۴ ترتیب قدرت اسیدی و هم‌چنین قدرت بازی گونه‌ها

به‌صورت زیر است:

قدرت اسیدی:  $H_2A > HA^-$

قدرت بازی:  $HA^- < A^{2-}$

پس گزینه‌ی ۱ درست است.

۳۳ - محلول  $CO_2$  (یا همان کربنیک اسید،  $H_2CO_3$ ) یک اسید ضعیف

به شمار می‌آید که مرحله‌ی دوم یونش آن کم‌تر از مرحله‌ی اول انجام

می‌شود. از این‌رو غلظت  $CO_3^{2-}$  از غلظت  $HCO_3^-$  کم‌تر است.

سایر گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

۱ قدرت بازی  $CO_3^{2-}$  از  $HCO_3^-$  بیشتر است.

۴ انحلال گاز  $CO_2$  در آب با کاهش میزان بی‌نظمی همراه است.

این عبارت کاملاً درست است ولی کاملاً بی‌ربط است! به عبارت دیگر

این گزینه به خودی خود درست است، ولی جواب تست نمی‌باشد. آخه

بگو بیکاری از این کارها می‌کنی!؟

۴  $CO_3^{2-}$  فقط خاصیت بازی دارد. آخه هیدروژنش کجا بود که

خاصیت اسیدی داشته باشد!  $HCO_3^-$  خاصیت آمفوتری دارد.

پس گزینه‌ی ۲ درست است.

۳۴ - در فسفریک اسید ( $H_3PO_4$ ) ترتیب غلظت یون‌های حاصل از

یونش به‌صورت زیر است:

$[H_3O^+] > [H_2PO_4^-] > [HPO_4^{2-}] > [PO_4^{3-}]$  : ترتیب غلظت یونها

سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌کنیم:

۱ در اسیدهای چند پروتون‌دار، ثابت یونش هر مرحله از مرحله‌ی

بعدی بیشتر است. به بیان دیگر ثابت یونش مرحله‌ی بعدی کم‌تر از

مرحله‌ی قبلی است.

۴ توضیح گزینه‌ی ۳ را بخوانید.

۴ قدرت بازی  $HPO_4^{2-}$  بیشتر از  $H_2PO_4^-$  است.

پس گزینه‌ی ۳ درست است.

۴۰	پلکان آموزش
۷۱	پاسخ تست‌های پلکان آموزش
۷۵	پلکان آزمون
۷۵	پایش آموزش
۷۶	دقت و پردازش
۷۸	پاسخ‌های پلکان آزمون

## پلکان آزمون

### آزمون پایش آموزش

۱۲ دقیقه

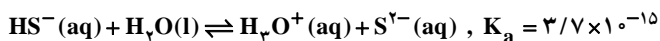
(المپیاد - آمریکا - ۱۹۸۷)

۱ - کدام یک قوی‌ترین اسید است؟



(آزاد - پزشکی - ۸۵)

۲ - با توجه به  $\text{pK}_a$  در کدام مورد زیر اسید قوی‌تر است؟



۳ - با توجه به واکنش روبه‌رو، کدام عبارت درست نیست؟

(۱) با توجه به مقدار  $K_a$ ، غلظت یون‌های  $\text{S}^{2-} (\text{aq})$  کم‌تر از  $\text{HS}^- (\text{aq})$  است.

(۲)  $\text{HS}^- (\text{aq})$  نقش اسید برونستد را ایفا می‌کند.

(۳) با اضافه کردن مقداری محلول  $\text{KOH}$ ، تعادل فوق به سمت راست جابه‌جا می‌شود و مقدار  $K_a$  افزایش می‌یابد.

(۴) واکنش برگشت نیز یک واکنش «اسید - باز» برونستد می‌باشد.

۴ - اگر در محلول  $0.1 \text{ mol.L}^{-1}$  اسید  $(\text{HA})$ ، درصد یونش برابر  $2/5$  درصد باشد ثابت یونش اسیدی ( $K_a$ ) آن کدام است؟



۵ - با توجه به جدول روبه‌رو کدام عبارت درست است؟

(۱) هیدروسیانیک اسید نسبت به هیدروفلوئوریک اسید، اسید قوی‌تری است.

(۲) یون هیپوبرمیت نسبت به هیپوکلریت باز قوی‌تری است.

(۳)  $K_a$  هیپوکلرواسید کم‌تر از هیپوبرومواسید است.

(۴)  $\text{F}^-$  نسبت به  $\text{CN}^-$ ، باز قوی‌تری محسوب می‌شود.

(آزاد - پزشکی - ۸۱)

۶ - کدام یک از اسیدهای زیر قوی‌تر است؟



۷ - طبق مدل «برونستد - لوری» کدام یون زیر (در شرایط یکسان از نظر دما و مولاریته) باز قوی‌تری است؟



(آزاد - تجربی - ۸۰)

۸ - قدرت اسیدی کدام یک از ترکیبات زیر کم‌تر از بقیه است؟



(المپیاد - ۷۲)

۹ - برای یک محلول آبی در  $25^\circ\text{C}$  داریم  $[\text{OH}^-] = 3/0 \times 10^{-10} \text{ mol.L}^{-1}$  با توجه به آن کدام گزینه درست است؟





۱۰ - با توجه به داده‌ی روبه‌رو:  $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$ ,  $K = 10^{-14}$ , کدام اظهارنظر در مورد دمای آب و غلظت یون  $H^+$  و هم‌چنین حالت

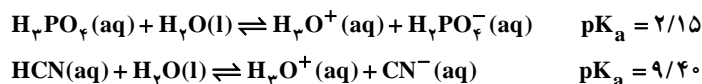
آب از نظر pH درست است؟

- (۱) بالاتر از  $25^\circ C - 10^{-6}$  - خنثی  
 (۲) پایین‌تر از  $25^\circ C - 10^{-6}$  - خنثی  
 (۳) بالاتر از  $25^\circ C - 10^{-6}$  - اسیدی  
 (۴) پایین‌تر از  $25^\circ C - 10^{-6}$  - اسیدی

۱۱ - در اسیدهای چند پروتون‌دار  $pK_a$  هر مرحله نسبت به مرحله‌ی بعد ..... و  $K_a$  هر مرحله نسبت به مرحله‌ی قبل ..... است.

- (۱) کم‌تر - کم‌تر  
 (۲) کم‌تر - بیشتر  
 (۳) بیشتر - کم‌تر  
 (۴) بیشتر - بیشتر

۱۲ - با توجه به واکنش‌های داده شده، عبارت کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

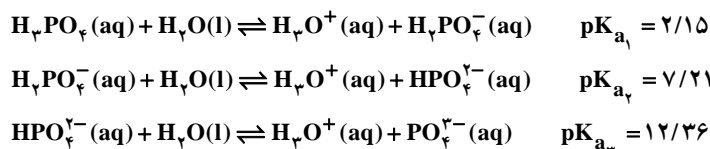


(۱)  $CN^-$  در مقایسه با  $H_2PO_4^-$  باز برونستد قوی‌تری است.

(۲)  $H_3O^+$  در مقابل  $H_2PO_4^-$  نقش اسید و در مقابل  $CN^-$  نقش باز برونستد را دارد.

(۳) قدرت اسیدی هیدروسیانیک اسید از فسفریک اسید بیشتر است.

(۴) آب در هر دو واکنش نقش اسید برونستد را دارد.



۱۳ - با توجه به معادله‌های یونش فسفریک اسید:

کدام مطلب درست نیست؟

(۱) قدرت اسیدی  $H_2PO_4^-$  بیشتر از  $HPO_4^{2-}$  است.

(۲)  $H_2PO_4^-$  نقش آمفوتر را دارد.

(۳) جدا شدن سومین پروتون از همه دشوارتر است.

(۴) غلظت یون  $PO_4^{3-}$  از بقیه‌ی آنیون‌ها بیشتر است.

۱۴ - کدام مقایسه درست است؟

(۱) قدرت اسیدی:  $HBr < HCl$

(۱) قدرت اسیدی:  $HSO_4^- < HCO_3^-$

(۲) قدرت بازی:  $NO_2^- < F^-$

(۲) قدرت بازی:  $OH^- < NH_4^+$

(آزاد - ریاضی - ۸۷ - نوبت صبح)



۱۵ - کدام‌یک از اکسیدهای زیر اکسید اسیدی قوی‌تری است؟



## آزمون دقت و پردازش

۱ - کدام گزینه اسید قوی‌تری است؟

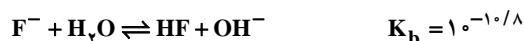
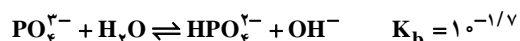
(۱) هیدروفلوئوریک اسید ( $pK_a = 3/25$ )

(۲) هیدروسیانیک اسید ( $pK_a = 9/40$ )

(۳) هیپوبروم اسید ( $K_a = 2/0 \times 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$ )

(۴) هیپوکلرواسید ( $K_a = 2/0 \times 10^{-8} \text{ mol.L}^{-1}$ )

۲ - با توجه به تعادل‌های زیر:



کدام گزینه درست است؟

(۱) اسید  $HPO_4^{2-}$  از HF قوی‌تر است.

(۲) مقایسه‌ی قدرت اسیدی HF و  $HPO_4^{2-}$  براساس  $K_b$  امکان‌پذیر نیست.

(۳) HF از اسید  $HPO_4^{2-}$  قوی‌تر است.

(۴) قدرت اسیدی HF و  $HPO_4^{2-}$  یکسان است.

۳ - کدام‌یک باز قوی‌تری است؟

(ریاضی - آزاد - ۷۳)



۱۹ دقیقه

افزایش قدرت بازی	فرمول شیمیایی
	X <sup>-</sup>
	H <sub>2</sub> O
	Y <sup>-</sup>
	Z <sup>-</sup>

۴ - با توجه به جدول روبه‌رو، کدام مطلب نادرست است؟

(۱) قدرت اسیدی HX بیشتر از HY است.

(۲)  $pK_a$  مربوط به اسید HZ کم‌تر از HX است.

(۳)  $Z^-$  تمایل بیشتری برای جذب پروتون دارد.

(۴) HX در آب به‌طور کامل یونیزه می‌شود.

۵ - کدام مقایسه در مورد قدرت اسیدی یا بازی گونه‌های شیمیایی زیر (در شرایط یکسان از نظر دما و مولاریته)، درست است؟

(۱) قدرت اسیدی:  $HNO_3 < HNO_2$

(۲) قدرت بازی:  $Cl^- < F^-$

(۳) قدرت اسیدی:  $HF > H_3PO_4$

(۴) قدرت بازی:  $CH_3COO^- > CN^-$

۶ - کدام یک از اسیدهای زیر قوی‌تر است؟

(۱) H<sub>2</sub>S

(۲) HClO

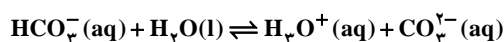
(۳) HNO<sub>3</sub>

(۴) H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

(آزاد - تجربی - ۸۰)

۷ - با توجه به واکنش روبه‌رو، کدام عبارت درست نیست؟

$$K_a = 4/7 \times 10^{-11}$$



(۱) با توجه به مقدار  $K_a$ ، غلظت یون‌های  $CO_3^{2-}$  کم‌تر از  $HCO_3^-$  است.

(۲)  $HCO_3^-$  نقش اسید برونستد را ایفا می‌کند.

(۳) با اضافه کردن اسید، تعادل فوق به سمت چپ جابه‌جا می‌شود و مقدار  $K_a$  کاهش می‌یابد.

(۴) واکنش برگشت نیز یک واکنش اسید - باز است.

۸ - در میان گونه‌های شیمیایی  $OH^-(aq)$ ،  $HF(aq)$ ،  $HI(aq)$ ،  $NH_4^+(aq)$ ،  $NO_3^-(aq)$ ، قوی‌ترین اسید و قوی‌ترین باز به ترتیب کدامند؟

(سراسری - ریاضی - ۸۶)

(۱)  $OH^-(aq)$ ،  $HF(aq)$

(۲)  $NH_4^+(aq)$ ،  $HI(aq)$

(۳)  $NO_3^-(aq)$ ،  $HF(aq)$

(۴)  $OH^-(aq)$ ،  $HI(aq)$

(آزاد - پزشکی - ۶۹ و آزاد - ریاضی - ۷۰)

۹ - در محلول  $H_3PO_4$  غلظت کدام ماده‌ی زیر کم‌تر است؟

(۱)  $HPO_4^{2-}$

(۲)  $PO_4^{3-}$

(۳)  $H_2PO_4^-$

(۴)  $H^+$

۱۰ - با توجه به مراحل تفکیک  $H_2CO_3$  کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟

(۱) شامل دو مرحله تفکیک است که  $pK_{a1} > pK_{a2}$  می‌باشد.

(۲) غلظت یون  $H_2CO_3$  از سایر یونها بیشتر است.

(۳) آب در مراحل یونش، نقش اسید برونستد را ایفا می‌کند.

(۴)  $CO_3^{2-}$  اسید مزدوج حاصل از تفکیک آموتر می‌باشد.

(آزاد - ریاضی - ۶۶)

۱۱ - براساس مدل برونستد - لوری، کدام یون زیر باز قوی‌تری است؟

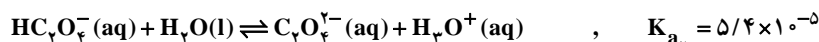
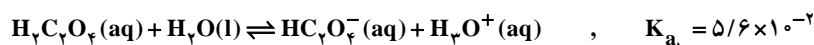
(۱)  $HSO_4^-$

(۲)  $SO_4^{2-}$

(۳)  $H_2PO_4^-$

(۴)  $HPO_4^{2-}$

۱۲ - اکیسیلیک اسید ( $H_2C_4O_4$ ) یک اسید دو پروتون‌دار است و طی دو مرحله یونش می‌یابد:



کدام مطلب زیر در مورد آن نادرست است؟

(۱) یون  $HC_4O_4^-$  در آن هم نقش اسید و هم نقش باز «لوری - برونستد» را ایفا می‌کند.

(۲) غلظت یون  $H_3O^+(aq)$  از یون‌های دیگر بیشتر است.

(۳) با افزودن KOH، تفکیک یونی  $H_2C_4O_4$  کاهش می‌یابد.

(۴) قدرت بازی  $C_4O_4^{2-}$  بیشتر از قدرت بازی  $HC_4O_4^-$  می‌باشد.

(آزاد - ریاضی - ۸۷ - نوبت صبح)

۱۳ - کدام عنصر زیر اکسید اسیدی قوی‌تر از بقیه تولید می‌کند؟

(۱) Si

(۲) P

(۳) Cl

(۴) C

۴۰	پلکان آموزش
۷۱	پاسخ تست‌های پلکان آموزش
۷۵	پلکان آزمون
۷۸	پاسخ‌های پلکان آزمون
۷۸	پایش آموزش
۷۹	دقت و پردازش

## پاسخ‌های پلکان آزمون

### پاسخ تست‌های پایش آموزش

۵-۲ هرچه یک اسید قوی‌تر باشد باز مزدوج آن ضعیف‌تر است. قدرت اسیدی هیپوکلرواسید (HOCl) از هیپوبرمواسید (HOBr) بیش‌تر است زیرا مقدار  $pK_a$  آن کوچک‌تر است. بنابراین قدرت بازی  $OCl^-$  از  $OBr^-$  کم‌تر است:

قدرت اسیدی :  $HOCl > HOBr$

قدرت بازی :  $OCl^- < OBr^-$

سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌کنیم:

۱- هیدروسیانیک اسید (HCN) در مقایسه با هیدروفلوئوریک اسید (HF) اسید ضعیف‌تری است زیرا مقدار  $pK_a$  آن بزرگ‌تر است.

۳-  $K_a$  با  $pK_a$  نسبت عکس دارد. بنابراین چون HOCl، در مقایسه با HOBr،  $pK_a$  کوچک‌تری دارد لذا  $K_a$  آن بزرگ‌تر است.

۴- قدرت اسیدی HF از HCN بیشتر است پس قدرت بازی  $F^-$  از  $CN^-$  کم‌تر است.

قدرت اسیدی :  $HF > HCN$

قدرت بازی :  $F^- < CN^-$

۶-۲  $H_3PO_4$  و  $HClO$  اسیدهای ضعیف به شمار می‌آیند (رد گزینه‌ی ۱ و ۳) ولی  $H_2SO_4$  و  $HNO_3$  هر دو اسیدهایی قوی هستند ولی قدرت اسیدی  $H_2SO_4$  بیشتر است.

۷-۳ رجوع کنید به جدول ۱ یا نکته‌ی ۱۲.

۸-۱ HF یک اسید ضعیف ولی HCl، HBr، HI اسیدهایی قوی به شمار می‌آیند. ترتیب قدرت اسیدی به صورت زیر است:

قدرت اسیدی :  $HI > HBr > HCl \gg HF$

اسیدی ضعیف اسیدهای قوی

۹-۴  $[H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$  در دمای  $25^\circ C$

$$\Rightarrow [H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{3 \times 10^{-5}} = 3/3 \times 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$$

۱-۱ در اوکسی اسیدهای کلر، قدرت اسیدی با افزایش تعداد اکسیژن افزایش می‌یابد. ترتیب قدرت اسیدی در اوکسی اسیدهای کلر به صورت زیر است:

قدرت اسیدی :  $HClO_4 > HClO_3 > HClO_2 > HClO$

اسید خیلی ضعیف اسید ضعیف اسید قوی اسید بسیار قوی

۲-۲ با توجه به نکته‌ی ۹ هرچه مقدار  $pK_a$  کوچک‌تر باشد قدرت اسیدی بیشتر است.

۳-۳ اضافه کردن اسید یا باز به تعادل موردنظر تأثیری بر مقدار  $K_a$  ندارد زیرا مقدار  $K_a$  فقط با دما تغییر می‌کند.

سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌کنیم:

۱- با توجه به این‌که مقدار  $K_a$  خیلی کوچک است ( $K_a = 3/7 \times 10^{-15}$ ) می‌توان دریافت که غلظت فراورده‌ها ( $S^{2-}$  و  $H_3O^+$ ) بسیار کم‌تر از واکنش دهنده‌ها ( $HS^-$ ) می‌باشد.

۲- با توجه به این‌که در واکنش موردنظر یون  $HS^-(aq)$  یک پروتون ( $H^+$ ) به  $H_2O$  داده است می‌توان دریافت که  $HS^-$  نقش اسید لوری - برونستد را ایفا کرده است.

۴- در واکنش برگشت یون  $H_3O^+(aq)$  نقش اسید لوری - برونستد و یون  $S^{2-}(aq)$  نقش باز لوری - برونستد را ایفا می‌کند.

۴-۴ ابتدا درصد یونش ( $\alpha$ ) را به درجه‌ی یونش ( $\alpha$ ) تبدیل می‌کنیم:

$$\text{درصد یونش } (\alpha) = \frac{\text{درجه‌ی یونش } (\alpha)}{100} = \frac{2/5}{100} = 0/025$$

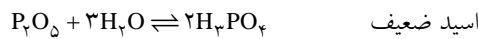
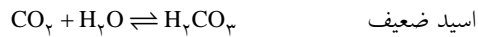
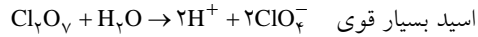
HA اسید ضعیفی است زیرا مقدار  $\alpha$  عددی بسیار کوچک است لذا برای به‌دست آوردن مقدار  $K_a$  از رابطه‌ی زیر استفاده می‌کنیم:

$$K_a = M \cdot \alpha^2 = 0/1 \times (0/025)^2 = 6/25 \times 10^{-5}$$

بیشتر باشد جدا کردن پروتون از آن سخت‌تر می‌شود. سومین پروتون از  $\text{HPO}_4^{2-}$  جدا می‌شود که بار منفی بیشتری از  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  دارد.

۱۴ - رجوع کنید به جدول ۱ یا نکته‌ی ۱۳.

۱۵ - اسیدهای حاصل از واکنش اکسیدهای موردنظر در آب به‌صورت زیر است:



توجه: فرمول درست‌تر فسفر (V) اکسید،  $\text{P}_2\text{O}_5$  است که در بالا به‌صورت  $\text{P}_4\text{O}_{10}$  نوشته شده است.

## پاسخ تست‌های دقت و پردازش

۱ - هرچه  $K_a$  بزرگ‌تر باشد قدرت اسیدی بیشتر است. از بین هیپوبرمو اسید (HOBr) و هیپوکلرواسید (HOCl) قدرت اسیدی HOBr کم‌تر است زیرا  $K_a$  آن کوچک‌تر است (رد گزینه‌ی ۳). از سوی دیگر هرچه  $pK_a$  کوچک‌تر باشد قدرت اسیدی بیشتر است. از بین هیدروسیانیک اسید (HCN) و هیدروفلوئوریک اسید (HF) قدرت اسیدی HCN کم‌تر است زیرا  $pK_a$  آن بزرگ‌تر است (رد گزینه‌ی ۲). حال باید بین گزینه‌ی ۱ و ۴ یکی را به‌عنوان اسید قوی‌تر انتخاب کنیم. چون  $K_a$  هیدروفلوئوریک اسید بزرگ‌تر است ( $K_a = 10^{-3/25}$ ) لذا هیدروفلوئوریک اسید (HF) از بقیه اسیدها قوی‌تری است.

قدرت اسیدی:  $\text{HF} > \text{HOCl} > \text{HOBr} > \text{HCN}$

$$K_a = 10^{-3/25} \quad 2 \times 10^{-8} \quad 2 \times 10^{-9} \quad 10^{-9/40}$$

۲ - هرچه یک باز ضعیف‌تر باشد اسید مزدوج آن قوی‌تر است.

قدرت بازی:  $\text{PO}_4^{3-} > \text{F}^-$

قدرت اسیدی:  $\text{HPO}_4^{2-} < \text{HF}$

۳ - رجوع کنید به جدول ۱ یا نکته‌ی ۱۳.

۴ - هرچه یک باز قوی‌تر باشد اسید مزدوج آن ضعیف‌تر است.

قدرت بازی:  $\text{Z}^- > \text{X}^-$

قدرت اسیدی:  $\text{HZ} < \text{HX}$

قدرت اسیدی HZ کم‌تر از HX است بنابراین  $pK_a$  مربوط به HZ بیشتر از HX است.

با توجه به این‌که غلظت یون  $\text{H}_3\text{PO}_4^+(\text{aq})$  بیشتر از  $10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$  است لذا محلول اسیدی است.

$10^{-7} > [\text{H}_3\text{PO}_4^+]$ : در محلول اسیدی (در دمای  $25^\circ\text{C}$ )

۱۰ - واکنش خود - یونش آب گرماگیر است لذا با افزایش دما مقدار  $K_w$  افزایش می‌یابد. با توجه به این‌که مقدار  $K_w$  داده شده بزرگ‌تر از  $10^{-14}$  است می‌توان دریافت که دمای آب بالاتر از  $25^\circ\text{C}$  بوده است. آب خالص در هر دمایی خنثی است زیرا غلظت  $\text{H}_3\text{PO}_4^+$  و  $\text{OH}^-$  برابر است. در این تست غلظت یون  $\text{H}_3\text{PO}_4^+$  برابر  $10^{-6}$  مول در لیتر است:

$$K_w = [\text{H}_3\text{PO}_4^+][\text{OH}^-] = 10^{-12} \Rightarrow [\text{H}_3\text{PO}_4^+] = 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$$

۱۱ - در اسیدهای چند پروتون‌دار،  $K_a$  هر مرحله از مرحله‌ی بعدی بیشتر و از مرحله‌ی قبلی کم‌تر است و یا  $pK_a$  هر مرحله از مرحله‌ی بعدی کم‌تر و از مرحله‌ی قبلی بیشتر است. برای توضیحات بیشتر رجوع کنید به نکته‌ی ۱۹.

۱۲ - هرچه اسید ضعیف‌تر باشد باز مزدوج آن قوی‌تر است. HCN نسبت به  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  اسید ضعیف‌تری است لذا باز مزدوج آن،  $\text{CN}^-$ ، باز قوی‌تری از  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  است:

قدرت اسیدی:  $\text{HCN} < \text{H}_2\text{PO}_4^-$

قدرت بازی:  $\text{CN}^- > \text{H}_2\text{PO}_4^-$

سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌نماییم:

۲ - در هر دو واکنش نقش اسید برونستد دارد. اصولاً  $\text{H}_3\text{PO}_4^+$  فقط نقش اسید برونستد را می‌تواند داشته باشد.

۳ - اتفاقاً برعکس! قدرت اسیدی فسفریک اسید از هیدروسیانیک اسید بیشتر است.

۴ - آب در هر دو واکنش پروتون ( $\text{H}^+$ ) دریافت کرده است لذا در هر دو واکنش نقش باز برونستد را دارد.

۱۳ - در فسفریک اسید ترتیب غلظت یون‌ها به‌صورت زیر است:

$[\text{H}_3\text{PO}_4^+] > [\text{H}_2\text{PO}_4^-] > [\text{HPO}_4^{2-}] > [\text{PO}_4^{3-}]$ : غلظت یون‌ها

سایر گزینه‌ها را تک‌تک بررسی می‌نماییم:

۱ - در محلول فسفریک اسید، ترتیب قدرت اسیدی به‌صورت زیر است:

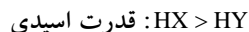
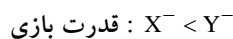
قدرت اسیدی:  $\text{H}_2\text{PO}_4^- > \text{H}_3\text{PO}_4^+ > \text{HPO}_4^{2-}$

۲ -  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  و  $\text{HPO}_4^{2-}$  نقش آمفوتر را دارند.

۳ - در فسفریک اسید هرچه بار منفی آنیون (حاصل از یونش اسید)

سایر گزینه‌ها را تک تک بررسی می‌نماییم.

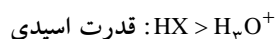
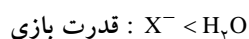
۱ هرچه یک باز ضعیف‌تر باشد اسید مزدوج آن قوی‌تر است:



۳ قدرت بازی (پروتون‌گیری)  $Z^-$  از بقیه بیشتر است.

۴ با توجه به نکته ۱۲، اسیدهای قوی‌تر از  $H_3O^+(aq)$  به‌طور

کامل در آب یونیده می‌شوند.  $HX$  اسیدی قوی‌تر از  $H_3O^+$  است و به همین دلیل در آب به‌طور کامل یونیده می‌شود:



۵-۲ رجوع کنید به جدول ۱ یا نکته ۱۳.

۶-۳  $H_2CO_3$  و  $HClO$ ،  $H_2S$  همگی اسیدهایی ضعیف هستند

ولی نیتریک اسید ( $HNO_3$ ) یک اسید قوی به شمار می‌آید.

۷-۳ اگرچه با اضافه کردن اسید ( $H_3O^+$ ) تعادل مورد نظر، طبق

اصل لوشاتلیه، در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود اما مقدار  $K_a$  تغییری نمی‌کند زیرا مقدار  $K_a$  فقط با تغییر دما تغییر می‌کند.

سایر گزینه‌ها را تک تک بررسی می‌نماییم:

۱ چون مقدار  $K_a$  خیلی کوچک است ( $K_a = 4/7 \times 10^{-11}$ )

می‌توان دریافت که غلظت فراورده‌ها ( $H_3O^+$  و  $CO_3^{2-}$ ) بسیار کم‌تر از غلظت واکنش دهنده‌ها ( $HCO_3^-$ ) می‌باشد.

۴ در این واکنش  $H_3O^+(aq)$  یک پروتون ( $H^+$ ) به  $H_2O$  می‌دهد

لذا نقش اسید برونستد را دارد.

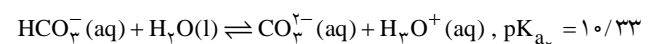
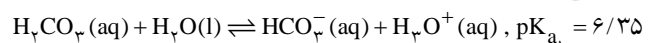
۴ در واکنش برگشت  $H_3O^+(aq)$  یک پروتون ( $H^+$ ) به  $CO_3^{2-}$

می‌دهد لذا  $H_3O^+$  نقش اسید برونستد را دارد.

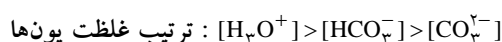
۸-۲ رجوع کنید به جدول ۱ یا نکته ۱۳.

۹-۲ رجوع کنید به نکته ۲۴.

۱۰-۲ کربنیک اسید طی دو مرحله یونیده می‌شود:



ترتیب غلظت یون‌ها به صورت زیر است:



سایر گزینه‌ها را تک تک بررسی می‌نماییم:

۱ در یک اسید دو پروتون‌دار همواره  $pK_{a_1} < pK_{a_2}$  می‌باشد.

۳ با توجه به مراحل یونش  $H_2CO_3$ ، آب در هر دو مرحله

پروتون ( $H^+$ ) دریافت می‌کند لذا نقش باز برونستد را دارد.

۴  $HCO_3^-$  گونه‌ی آمفوتر در واکنش‌های فوق است. یون  $CO_3^{2-}$

باز مزدوج (نه اسید مزدوج)  $HCO_3^-$  می‌باشد.

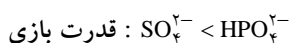
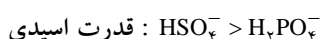
۱۱-۴ سولفوریک اسید ( $H_2SO_4$ ) نسبت به فسفریک اسید

( $H_3PO_4$ ) در مراحل اول و دوم یونش، اسید قوی‌تری است:

(در مرحله‌ی اول یونش)  $H_2SO_4 > H_3PO_4$  : قدرت اسیدی

(در مرحله‌ی دوم یونش)  $HSO_4^- > H_2PO_4^-$  : قدرت اسیدی

هرچه یک اسید ضعیف‌تر باشد باز مزدوج آن قوی‌تر است:



۱۲-۳ با افزودن  $KOH$  یون‌های  $OH^-(aq)$  (حاصل از یونش

$KOH$ ) با یون‌های  $H_3O^+(aq)$  واکنش داده و آب تولید می‌کنند. به این

ترتیب غلظت یون  $H_3O^+(aq)$  کاهش می‌یابد لذا تعادل، طبق اصل

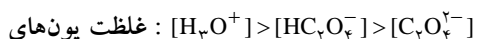
لوشاتلیه، در جهت رفت جابه‌جا می‌شود و مقدار بیشتری از اسید ( $H_2C_2O_4$ ) تفکیک می‌شود.

سایر گزینه‌ها را تک تک بررسی می‌نماییم:

۱ یون  $HC_2O_4^-$  در واکنش اول نقش باز برونستد و در واکنش دوم

نقش اسید برونستد را دارد. به بیان دیگر  $HC_2O_4^-$  یک آمفوتر است.

۴ ترتیب غلظت یون‌ها به‌صورت زیر است:



۴ در اسیدهای چند پروتون‌دار هرچه بار منفی آنیون حاصل از

یونش اسید بیشتر باشد قدرت بازی نیز بیشتر است.



۱۳-۳ اکسید کلر با بالاترین عدد اکسایش خود (یعنی  $ClO_4$ ) در

واکنش با آب، اسید بسیار قوی  $HClO_4$  را تولید می‌کند. در حالی‌که

اکسید سایر عنصرها در واکنش با آب، اسیدهایی ضعیف یا خیلی

ضعیف تشکیل می‌دهند.  $P_2O_5$  و  $CO_2$  به‌ترتیب اسیدهایی ضعیف  $H_3PO_4$  و  $H_2CO_3$  را تولید می‌کنند. عملاً در آب نامحلول است و

در واکنش با بازها خاصیت اسیدی بسیار ضعیفی از خود نشان می‌دهد.