# ۱ شیمی معدنی

## ۱- شکل مولکول‌ها

ساختار سه بعدی مولکول‌های زیر را رسم کنید و جفت ناپیوندی و زاویه پیوندها را مشخص کنید.

آمونیاک، آب، $BF_3$ ,$NO_2$ ,$ClO_2^-$ «۲۰۰۱»

## ۲- روندهای شیمیایی

در هر کدام از پرسش‌های زیر مواد را به ترتیب افزایش مرتب کنید.

الف) $Na$ , $Al$ , $Si$ , $S_8$ بر حسب افزایش نقطه‌ی ذوب

ب) $H_2$ , $LiH$ , $CH_4$ , $NH_3$ برحسب افزایش نقطه‌ی جوش

پ) $Ca$ , $K$ , $Mg$ , $Na$ برحسب افزایش شعاع اتمی

ت) $Cl^-$ ,$Mg^{2+}$ ,$Na^+$ , $F^-$ برحسب افزایش شعاع یونی

ث) $K$ , $Cl$ , $Na$ , $F$ برحسب افزایش الکترونگاتیوی

ج) $Cl$ , $S$ , $P$ , $Si$ برحسب افزایش انرژی اولین یونش

چ) $Br_2$ , $Cl_2$ , $O_2$ , $N_2$ برحسب افزایش قدرت پیوند

ح) $XeF_4$ , $BF_3$ , $SiF_4$ ,$OF_2$ برحسب افزایش زاویه‌ی پیوندی

خ) $CH_3I$ , $CH_3F$ , $CH_3Cl$ , $CH_3Br$ برحسب افزایش سرعت هیدرولیز توسط محلول آبی یون هیدروکسید

د) $SO_3$ ,$SO_2$ ,$Na_2O$ ,$NaCl$ برحسب افزایش $pH$ محلول حاصل از انحلال مقدار کمی از آن‌ها در آب «۲۰۰۲»

## ۳- مخلوط کردن عناصر

در آزمایشی در سال ۱۶۶۰ آنتیموان توسط پرتوهای نور حرارت داده شد تا اکسید آن ایجاد شود.
در گزارش‌های این آزمایش آمده است که ۱۲حبه آنتیموان به ۱۵ حبه از اکسید آن (کالکس) تبدیل شده است. جرم مورد انتظار از طریق محاسبات (جرم تئوری) ۱۴/۴ حبه است که دلیل اختلاف جرم اندازه‌گیری شده با جرم تئوری، خطای آزمایش است.

**الف)** فرمول اکسید آن را بیابید.

در گزارشی دیگر که در سال ۱۶۷۳ منتشر شد، رابرت بویل جرم افزوده شده در اثر حرارت دادن فلز روی را اندازه‌گیری کرد. او در گزارش‌های خود آورده است: « ما یک دِرَم روی را برداشتیم و به مدت سه ساعت برروی آتش گذاشتیم. پس از اندازه‌گیری مجددِ جرم به روش مشابه، جرم آن حدود شش حبه اضافه شد. »

**ب)** با توجه به اینکه هر ۶۰ حبه یک درم است، جرم محصول را برحسب حبه با فرض بازدهی ٪۱۰۰ محاسبه کنید.

با فرض اینکه اندازه‌گیری بویل دقیق باشد، تنها بخشی از فلز $(\alpha)$ اکسید شده است. (آلفا کسری میان ۰ تا ۱ است که ۰ به معنای فلز کامل و ۱ به معنای تشکیل کامل اکسید است.)

**پ)** مقدار آلفا را محاسبه کرده و جرم اکسید روی تشکیل شده و رویِ اکسید نشده را بیابید. «۲۰۰۳»

## ٤- پولونیم

پولونیم یک عنصر رادیواکتیو در گروه $VI$ اصلی جدول تناوبی است که توسط ماری کوری در ۱۸۹۸ کشف شد. این عنصر به مقدار بسیار کم در سنگ معدن اورانیوم یافت می‌شود؛ ولی امروزه با تابش نوترون به $^{۲۰۹}Bi$ تولید می‌شود. طی این روش ابتدا $^{۲۱۰}Bi$ با طول عمر بسیار کم تولید و سریعاً با تابش بتا به پولونیم تبدیل می‌شود.

$$^{۲۰۹}_{۸۳}Bi + ^{۱}_{۰}n \rightarrow ^{۲۱۰}_{۸۳}Bi + \gamma \qquad ^{۲۱۰}_{۸۳}Bi \rightarrow ^{۲۱۰}_{۸۴}Po + ^{۰}_{-۱}\beta$$

نیمه عمر پولونیم- ۲۱۰ ، ۱۳۸ روز بوده و ذره‌ی آلفا تابش می‌کند.

**الف)** آرایش الکترونی پولونیم را بنویسید.

**ب)** زمانی که پولونیم- ۲۱۰ تابش می‌کند چه هسته‌ای تولید می‌شود؟

به دلیل نیمه عمر کوتاه و مقاومت ظاهری ذرات آلفای نشر شده، پولونیمِ فلزی و ترکیبات آن خودبه‌خود گرم می‌شوند؛ به گونه‌ای که یک گرم فلز ۱۴۱ وات تولید می‌کند. به همین دلیل از این ترکیبات در واحدهای گرم کننده‌ی رادیوایزوتوپی استفاده می‌شود تا ماهواره‌ها گرم بمانند و بتوانند در فضا فعالیت کنند و در ژنراتورهای حرارتیِ رادیوایزوتوپی نیز برای تولید برق کاربرد دارند. اخیراً پلوتونیم- ۲۳۸ به جای پولونیم برای تولید نیروی الکتریکی استفاده می‌شود. $Pu-۲۳۸$ نیمه عمر بیشتری دارد ولی توان خروجی آن کمتر است. (۰/۵۶ وات به ازای هر گرم).

**پ)** توان خروجی $^{۲۱۰}Po$ پس از یک سال چقدر خواهد بود؟

**ت)** بعد از ۵ سال، توان خروجی پولوتونیم- ۲۳۸ در حدود ٪۹۶ مقدار اولیه‌ی آن است. نیمه عمر آن را تخمین بزنید.

پولونیم یک عنصر خاص در میان عناصر جدول تناوبی است؛ زیرا، جزو معدود عناصر با شبکه بلوری مکعبی ساده است؛ به گونه‌ای که هر اتم در رأس مکعب قرار می‌گیرد.

**ث)** چگالی پولونیم- ۲۱۰ در حدود ۹/۱۴۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. شعاع اتمی آن را بیابید. «۲۰۰۳»

## ۵- اکسیدهای کربن

علاوه بر دو اکسید معروف کربن (کربن مونوکسید و کربن دی‌اکسید) اکسیدهای معدود دیگری از کربن نیز شناخته شده‌اند. هر اکسیدی، از آب‌زدایی اسید مربوطه به دست می‌آید.

کربن دی‌اکسید از واکنش یک اسید مثل هیدروکلریک اسید و یک کربنات مثل کلسیم کربنات تشکیل می‌شود. پروتون‌دار کردن کربنات بایستی کربنیک اسید ایجاد کند؛ ولی کربنیک اسید ناپایدار بوده و سریعاً با از دست دادنِ آب، کربن دی‌اکسید تولید می‌کند.

الف) $i$) معادله‌ی واکنش میان کلسیم کربنات و هیدروکلریک اسید را برای تشکیل کربن دی‌اکسید بنویسید.

$ii$) ساختار کربنیک اسید را رسم کنید.

کربن مونوکسید از آب‌زدایی متانوییک اسید در سولفوریک اسید غلیظ در دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد تشکیل می‌شود.

ب) $i$) معادله‌ای برای واکنش میان متانوییک اسید و سولفوریک اسید بنویسید.

$ii$) ساختار لوویس کربن مونوکسید را رسم کنید.

$iii$) پیوند میان کربن و اکسیژن در کربن مونوکسید چندگانه است؟

گاز سمی کربن مونوکسید را می‌توان از توانایی آن در کاهش محلول آبی پالادیم $(II)$ کلرید به فلز پالادیم تشخیص داد.

پ) معادله‌ای برای واکنش میان محلول پالادیم $(II)$ کلرید و کربن مونوکسید بنویسید.

کربن ساب‌اکسید $(carbon\ suboxide)$ از آب‌زدایی کامل ۳،۱- پروپان دی اوییک اسید به‌وجود می‌آید.

ت) $i$) ساختار ۳،۱- پروپان دی‌اوییک اسید را رسم کنید و معادله‌ی موازنه شده‌ای برای تشکیل کربن ساب‌اکسید و آب از این ماده بنویسید. $ii$) ساختار کربن ساب‌اکسید را رسم کنید.

چهارمین اکسید کربن $C_{12}O_9$ است و از آب‌زدایی کامل ملیتیک اسید(بنزن هگزاکربوکسیلیک اسید) به وجود می‌آید.

ث) ساختار بنزن هگزا کربوکسیلیک اسید و $C_{12}O_9$ را رسم کنید. «۲۰۰۵»

## ۶- شکل‌های هندسی در شیمی

فسفر به صورت آلوتروپ‌های متعددی وجود دارد که واکنش‌پذیرترین آن فسفر سفید است، که اولین بار در قرن هفدهم از کاهش فسفات موجود در اوره به دست آمد.

فسفر سفیدِ جامد شامل مولکول‌های $P_4$ است که هر اتم فسفر در رأس چهاروجهی منتظم است.

الف) ساختار $P_4$ را رسم کنید و تمام پیوندهای شیمیایی را بکشید.

ب) چند یال در یک چهار وجهی منتظم وجود دارد؟

فسفر سفید به صورت خودبه‌خودی در هوا آتش گرفته و به مخلوطی از فسفر $(III)$ اکسید و فسفر $(V)$ اکسید تبدیل می‌شود.

پ) معادله‌ای برای تشکیل فسفر $(III)$اکسید و فسفر $(V)$اکسید از عناصر تشکیل دهنده‌ی آن بنویسید.

پایه‌ی ساختار هر دو اکسید را چهار وجهی منتظم تشکیل می‌دهد. اتم‌های فسفر در رئوس باقی می‌ماند ولی دیگر به یکدیگر متصل نیستند. اتم‌های اکسیژن مانند پل بین اتم‌های فسفر قرار می‌گیرد.

ت) ساختار فسفر $(III)$ اکسید را رسم کنید.

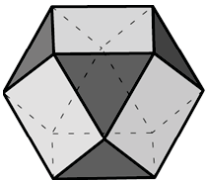
در فسفر $(V)$اکسید، اتم‌های فسفر در رئوس نیز به یک اکسیژن دیگر (به صورت غیرپل) متصل است.

ث) ساختار فسفر $(V)$اکسید را رسم کنید.

هر اکسید با آب واکنش می‌دهد و اسید تولید می‌کند. فسفر $(V)$اکسید، فسفریک اسید را به وجود می‌آورد.

ج) ساختار فسفریک اسید را رسم کنید.

چ) معادله‌ای برای تولید فسفریک اسید بنویسید.



یک روش کمّی برای تشخیص میزان فسفات در محلول‌های آبی، اضافه کردن آمونیوم مولیبدات $(NH_4)_2MoO_4$ است که باعث تشکیل رسوب آمونیم مولیبدو فسفات می‌شود. ساختار این جامد به شکل بالا است. اتم‌های مولیبدن در رئوس قرار دارند و اتم‌های اکسیژن بر روی یال‌ها، میان اتم‌های مولیبدن قرار گرفته‌اند. اتم‌های دیگرِ اکسیژن به صورت غیر پل به هر یک از اتم‌های مولیبدنِ موجود در رئوس متصل شده‌اند. یک واحد فسفات نیز در مرکز این ساختار قرار گرفته است؛ به گونه‌ای که چهار اکسیژنِ آن به سه اتم مولیبدن کوئوردینه شده است.

ح) عدد اکسایش مولیبدن را در آمونیوم مولیبدات محاسبه کنید.

خ) در ساختار آمونیوم مولیبدوفسفات (شکل بالا) چند رأس و یال وجود دارد؟

د) تعداد اتم‌های مولیبدن و اکسیژن را در یون مولیبدو فسفات محاسبه کنید.

ذ) فرض کنید عدد اکسایش هیچ اتمی در هنگام تشکیل آمونیوم مولیبدو فسفات تغییر نکند. بار کلی یون مولیبدو فسفات را محاسبه کرده و فرمول آمونیوم مولیبدو فسفات را بنویسید. «۲۰۰۷»

## ۷- آنالیز یک ترکیب نسوز

ترکیبات نسوز ترکیباتی هستند که برای جلوگیری از احتراق در پارچه‌ها، به خصوص لباس‌های کودکان، استفاده می‌شوند. این ترکیبات نمک هستند، $X^+Y^-$، که از واکنش بین فسفین و متانال در اسید رقیق به وجود می‌آیند. آنیون $Y^-$ به نوع اسید استفاده شده بستگی دارد.

الف) ساختار فسفین و متانال را رسم کنید و شکل هندسی آن‌ها را مشخص کنید.

طیف جرمی $X^+$، به همراه طیف $NMR$ پروتون و $^{31}P$ نشان داده شده است. طیف $NMR$ $^{13}C$ آن- که نمایش داده نشده است- گواه از وجود تنها یک نوع اتم کربن در کاتیون می‌دهد.

ب) با بررسی طیف $NMR$ $^1H$، تعداد هیدروژن‌های متفاوتِ موجود در $X^+$ را بیان کنید. نسبت میان اتم‌های هیدروژن موجود در هر یک از محیط‌های شیمیایی را نیز بیان کنید.

وقتی نمونه با کمی $D_2O$ (به جای $H_2O$) مخلوط می‌شود، سیگنال موجود در ۶/۲۵ $ppm$ طیف $^1H$ $NMR$ ناپدید می‌شود.

پ) کدام گروه عاملی در کاتیون $X^+$ وجود دارد؟

طیف $^{31}P$ $NMR$ یک سیگنال نشان می‌دهد که به دلیل جفت شدن با هیدروژن‌ها به یک چندتایی $(multiplet)$ شکافته شده است.

ت) اتم فسفر با چند اتم هیدروژن جفت شده است؟

طیف جرمی، پیک یون‌مولکولی و پیک‌های بخشی از قطعه قطعه شدن (*fragmentation*) را نشان می‌دهد.

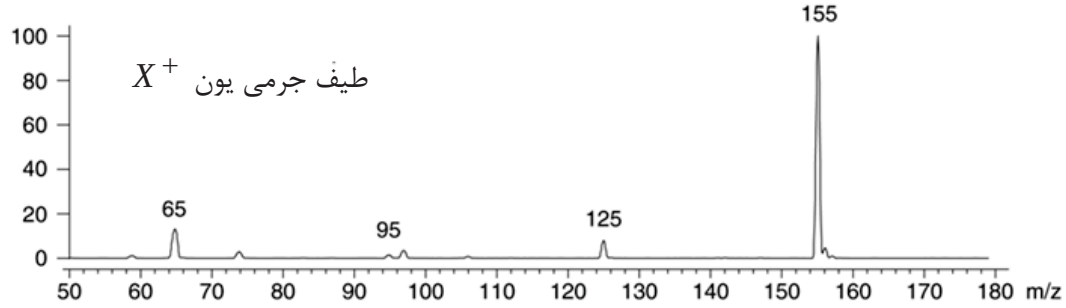
ث) *i*) فرایند تکه‌تکه شدن نشان از کاهش ۳۰ واحد جرمی می‌دهد. فرمولی برای قطعه‌ی جدا شده پیشنهاد کنید.

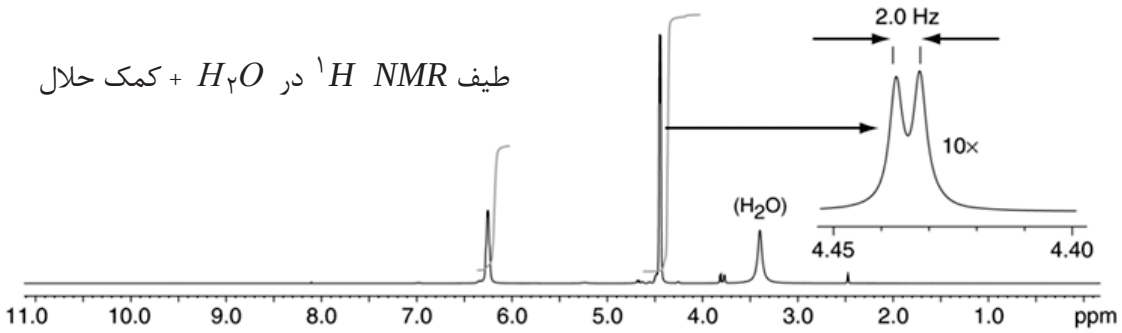
*ii*) فرمولی برای یون $X^+$ پیشنهاد کنید.

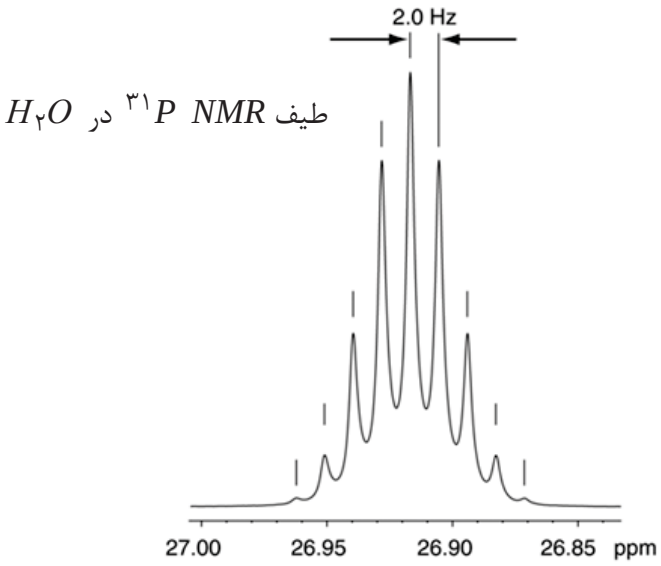
*iii*) طیف جرمی محلول $X^+$ در $D_2O$ در ۱۵۵ پیکی نشان نمی‌دهد، ولی در $m/z$ بالاتر پیک می‌دهد. انتظار دارید که در کدام $m/z$ پیک بدهد؟

ج) *i*) ساختاری برای $X^+$ پیشنهاد دهید که شکل هندسی در آن مشخص باشد.

*ii*) ساختاری برای یون در $m/z=۶۵$ پیشنهاد دهید.



## ۸- شیمی آلومینیوم و مرگ موش

فلز آلومینیوم با نافلزات گوناگونی واکنش داده و ترکیبات دوتایی ساده‌ای تولید می‌کند. واکنش آن با فسفر باعث تولید آلومینیوم فسفید می‌شود. این ترکیب به عنوان مرگ موش استفاده می‌شده است.

نوع پیوند آلومینیوم در ترکیباتش بستگی به عنصری دارد که به آن متصل شده است؛ برای نمونه، آلومینیوم اکسید اغلب به صورت یونی است، در حالی که آلومینیوم کلرید خواص کووالانسی از خود نشان می‌دهد.

**الف)** در یک مولکول $AlCl_3$، چند الکترون اطراف هر اتم آلومینیوم وجود دارد؟

آلومینیوم کلریدِ گازی در $150-200^\circ C$ به صورت مولکول $A$ با جرم مولی ۲۶۶/۶۶ است.

**ب)** *i)* فرمول مولکولی $A$ چیست؟

*ii)* ساختاری برای $A$ پیشنهاد کنید.

*iii)* در ساختار $A$، چند الکترون اطراف هر اتم آلومینیوم وجود دارد؟

آلومینیوم فسفید در آب هیدرولیز شده و گاز بسیار سمی فسفین را تولید می‌کند. فسفین از لحاظ ساختاری مشابه آمونیاک بوده و مانند آن می‌تواند با جفت الکترونِ تنهایش به عنوان لیگاند عمل کند.

**پ)** معادله‌ی موازنه شده‌ی هیدرولیز آلومینیوم فسفید را بنویسید.

ترکیباتِ دارای پیوند کووالانسی $Al-P$، به عنوان پیش‌ساز آلومینیم فسفید، استفاده می‌شده‌اند. هنگامی که مول‌های برابری از $iBu_2AlH$ و $Ph_3SiPH_2$ در حلال با دمای $25^\circ C$ حل می‌شوند، گاز هیدروژن خارج شده و کریستال سفید $B$ تولید می‌شود.

**ت)** چه تعداد الکترون اطراف $Al$ در $iBu_2AlH$ وجود دارد؟

در طیف جرمی $B$ بیشترین $m/z$ ثبت شده در عدد ۸۶۴ است.

**ث)** *i)* با کمک‌گیری از پاسخ خود در بخش (ب)، ساختاری برای $B$ پیشنهاد کنید.

*ii)* ترکیب $B$ از خود، ایزومری شدن نشان می‌دهد. ساختارهایی سه بعدی رسم کنید تا شکل دو ایزومر هندسی $B$ را نمایش دهد.

هنگامی که $B$ گرم می‌شود، به همراه تولید متیل پروپان، $C$ تولید می‌شود. طیف $^{31}P\ NMR$ ترکیب $C$ نشان دهنده‌ی یک محیط شیمیایی برای فسفر و طیف $^{13}C\ NMR$ نشان دهنده‌ی تعداد برابری از گروه‌های $iBu-$ و $Ph_3Si-$ است. بررسی بیشتر نشان دهنده‌ی وجود چهار اتم $Al$ و چهار اتم $P$ در مولکول است.

**ج)** ساختاری برای ترکیب $C$ پیشنهاد کنید.

هنگامی که $C$ تا $150^\circ C$ گرما داده می‌شود، شروع به تجزیه کرده و $Ph_3SiH$ و گاز $D$ را تولید می‌کند. در دمای $500^\circ C$ تنها چیزی که باقی می‌ماند آلومینیوم فسفید است.

**چ)** گاز $D$ را شناسایی کنید.

«۲۰۰۸»

## ۹- جیوه فولمینات

جیوه *(II)* فولمینات، $HgC_2N_2O_2$، مشهور به این است که فوق العاده حساس و منفجر شونده بوده و کنترل آن بسیار سخت است. ساختار کریستالی آن در سال ۲۰۰۷ شناسایی شد. برای جلوگیری از انفجار آن، باید آن را در محیط تاریک و به سرعت سنتز کرد.

این ماده در اثر انفجار، سه محصول تولید می‌کند که دوتای آن‌ها گاز و دو تای آن‌ها عنصر هستند.

**الف)** معادله‌ای برای انفجار آن بنویسید.

**ب)** تغییر آنتالپی استاندارد واکنش انفجار را محاسبه کنید. آنتالپی‌های تشکیل در جدول زیر داده شده است:

| ترکیب | $HgC_2N_2O_2$ | $HgO$ | $CO$ | $CO_2$ | $NO$ | $NO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta_f H^\circ / kJ\,mol^{-1}$ | +۳۸۶ | −۹۱ | −۱۱۱ | −۳۹۴ | +۹۰ | +۳۳ |

جیوه $(II)$ فولمینات را می‌توان جزو ترکیبات آلی- فلزی دسته‌بندی کرد؛ بدین معنی که میان کربن و فلز پیوند وجود دارد.

فولمینات، یونی سه اتمی با یک بار منفی است. طیف $IR$ آن وجود یک پیوند سه گانه را پیش‌بینی می‌کند.

**پ)** ساختاری برای جیوه $(II)$ فولمینات پیشنهاد کنید. تعداد و نوع پیوند میان اتم‌ها را مشخص کنید.

جیوه $(II)$ سیانات ایزومر جیوه $(II)$ فولمینات است. در حقیقت، فولمینات و سیانات اولین مثال شناخته شده‌ی ایزومرها در شیمی است. جیوه $(II)$ سیانات ترکیب آلی- فلزی نیست ولی طیف $IR$ آن وجود یک پیوند سه گانه را پیش‌بینی می‌کند.

**ت)** ساختاری برای جیوه $(II)$ سیانات پیشنهاد دهید. تعداد و نوع پیوند میان اتم‌ها را مشخص کنید.

پروتون‌دار کردن سیانات‌ها، سیانیک اسید را به وجود می‌آورد که به ایزومرِ خود، ایزوسیانیک اسید $HNCO$، تبدیل می‌شود. این ترکیب سپس به صورت خودبه‌خودی به تریمر خود تبدیل می‌شود تا سیانوریک اسید $(HNCO)_3$ را به وجود آورد.

برای سیانوریک اسید دو ساختار وجود دارد که در تعادل با یکدیگر هستند. در هر دو ساختار، هر سه اتمِ هر عنصر موقعیت متقارن یکسانی دارند. یکی از ساختارها به نظر می‌آید که آروماتیک است.

**ث)** دو ساختار ممکن سیانوریک اسید را رسم کنید. «۲۰۰۸»

## ۱۰- شیمی کبریت‌ها

سر تمام کبریت‌ها شامل مخلوطی از فسفر سِزکویی سولفید $P_4S_3$ و پتاسیم کلرات است. زمانی که سر کبریت بر کنار جعبه‌اش کشیده می‌شود، گرمای حاصل از اصطکاک کافی است تا $P_4S_3$ شعله‌ور شود. پتاسیم کلرات نیز تجزیه می‌شود تا اکسیژن لازم برای سوختن فراهم گردد.

**الف)** $(i)$ معادله‌ای برای سوختن $P_4S_3$ و تبدیل آن به فسفر $(V)$ اکسید و گوگرد دی‌اکسید بنویسید.

$(ii)$ معادله‌ای برای تجزیه‌ی پتاسیم کلرات و تبدیل آن به پتاسیم کلرید و اکسیژن بنویسید.

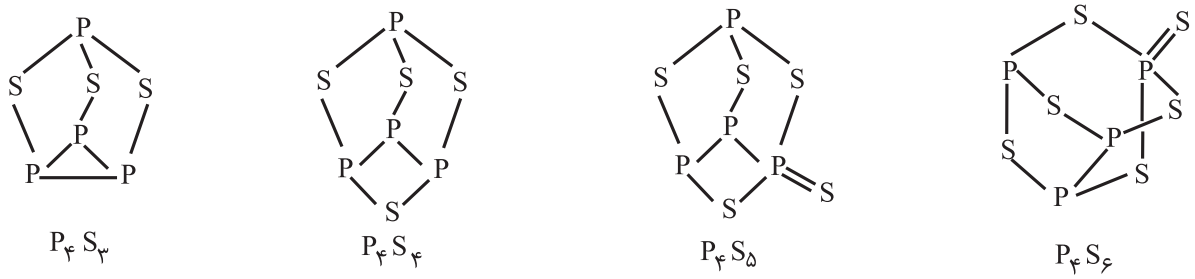
$(iii)$ در نهایت، معادله‌ای بنویسید که نشان دهد چگونه این دو ماده باعث سوختن سر کبریت می‌شوند.

$(iv)$ پتاسیم کلرات و $P_4S_3$ با چه نسبت جرمی باید با یکدیگر مخلوط شوند؟

$(v)$ با استفاده از آنتالپی‌های تشکیل داده شده در زیر، آنتالپی استاندارد واکنش در بخش $iii$ را محاسبه کنید.

| | $KCl(s)$ | $KClO_3(s)$ | $SO_2(g)$ | $P_4S_3(s)$ | $P_4O_{10}(s)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $\Delta_f H^\circ / kJ\,mol^{-1}$ | −۴۳۶/۷ | −۳۹۷/۷ | −۲۹۶/۸ | −۱۵۴/۰ | −۲۹۴۸ |

سولفیدهای فسفر از حرارت دادن فسفر سفید به همراه گوگرد تشکیل می‌شوند. وقتی این واکنش در دمای پایین رخ می‌دهد، مخلوطی از محصولات (از $P_4S_3$ تا $P_4S_{10}$) تولید می‌شود. طیف $^{31}P\ NMR$ برای تشخیص ساختار این ترکیبات استفاده می‌گردد.




$P_4S_3$ $P_4S_4$ $P_4S_5$ $P_4S_6$

در طیف $^{31}P\ NMR$، تعداد پیک‌های مشاهده شده برابر با تعداد اتم‌های فسفر با محیط شیمیایی متفاوت است؛ مثلاً، $P_4S_3$ شامل ۲ اتم فسفر با محیط شیمیایی متفاوت است؛ در نتیجه، در طیف $^{31}P\ NMR$ دو پیک از خود نشان می‌دهد.

**ب)** با استفاده از ساختارهای رسم شده در بالا، پیش‌بینی کنید که در طیف $^{31}P\ NMR$ مولکول‌های زیر چند پیک دیده می‌شود؟

$P_4S_4$ (i $\qquad$ $P_4S_5$ (ii $\qquad$ $P_4S_6$ (iii

$P_4S_4$ در حقیقت به صورت دو شکل ایزومری متفاوت وجود دارد که تنها ساختار یکی از آن‌ها در بالا نشان داده شده است. در ساختار دیگر آن، تنها یک پیک در طیف $^{31}P\ NMR$ وجود دارد.

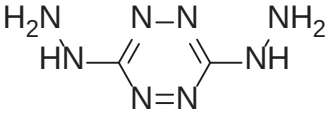
**پ)** ساختاری برای ایزومر دوم $P_4S_4$ پیشنهاد دهید.

«۲۰۰۹»

## ۱۱- آتش‌بازی دوستانه

تحقیقات اخیر در آتش‌بازی، به دنبال کم کردن مقدار نمک فلزات سنگین مورد استفاده در تولید رنگ و همچنین پرکلرات مورد استفاده به عنوان اکسیدکننده است. با استفاده از سوختی که دود کمتری تولید کند، نمک فلزی کمتری نیز مورد نیاز است تا همان جلوه‌های بصری را ایجاد کند.

جایگزین کردن کربن و هیدروژن در سوخت‌ها با نیتروژن می‌تواند دود را از بین ببرد، ولی بیشترِ ترکیباتی که نیتروژن زیادی دارند به شدت ناپایدار و خطرناک هستند. یک ترکیب نسبتاً مناسب به عنوان سوخت «دی هیدرازینوتترازین» است که علی‌رغم تعداد بالای اتم نیتروژن نسبتاً پایدار است.




*dihydrazinotetrazine*

**الف)** *i*) با در نظر گرفتن پیوندها در حلقه توضیح دهید چرا این ترکیب پایدار است.

*ii*) می‌توان طیف $N\ NMR$ این ترکیب را به دلیل وجود ایزوتوپ $^{15}N$ ثبت کرد. هر اتم نیتروژن که دارای محیط شیمیایی متفاوت باشد، یک سیگنال از خود نشان می‌دهد. چه تعداد سیگنال در $^{15}N\ NMR$ این ترکیب مشاهده خواهد شد؟

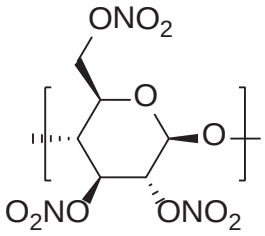
*iii*) زمانی که «دی‌هیدرازینوتترازین» در اکسیژن اضافی سوزانده می‌شود، محصولات آن، گاز نیتروژن و دو محصول دیگر است. معادله‌ای برای سوختن این ماده در اکسیژن اضافی بنویسید.

اکتانیتروکوبان نیز یک سوخت دیگر است. ساختار آن شامل یک قفس از اتم‌های کربن است که در رأس‌های یک مکعب قرار گرفته‌اند و هر اتم کربن به یک گروه نیترو متصل است. به دلیل فشار زاویه‌ای، سنتز این مولکول کار دشواری است و پایداری آن از «دی‌هیدرازینوتترازین» کمتر است.

ب) *i*) پیوند $C-C-C$ در اکتانیتروکوبان چند درجه از حالت ایده‌آل خود در آلکان‌های زنجیری کوچک‌تر است؟

*ii*) معادله‌ی موازنه شده‌ای بنویسید که نشان دهد هیچ اکسیژن اضافی و هیچ اکسنده‌ای نیاز نیست تا اکتانیتروکوبان به عنوان سوخت مورد استفاده قرار گیرد.

پ) یک سوخت نیتروژن‌دار دیگر، پلیمر نیتروسلولز است که ساختار آن در زیر نشان داده شده است. فرمول تجربی نیتروسلولز را تعیین کرده و معادله‌ای برای سوختن این فرمول در اکسیژن اضافی بنویسید.




«۲۰۰۹»

## ۱۲- صفحات طلا

اتم‌های طلا در ساختار مکعبی مرکز وجوه پر قرار دارند. ساختار شبکه‌ی طلا در واقع از این قطعات مکعبی تشکیل شده است که سلول واحد نامیده می‌شوند. در این آرایش، اتم‌ها در گوشه‌ها و در مرکزِ وجوهِ مکعب قرار می‌گیرند. اتم‌ها در قطر هر وجه با یکدیگر مماس هستند. ثابت آووگادرو $۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}$ است. طلا تنها یک ایزوتوپ دارد که جرم مولی آن ۱۹۷ است. چگالی طلا نیز $۱۹/۳\ g.cm^{-۳}$ می‌باشد.

الف) جرم یک اتم طلا را (برحسب گرم) به دست آورید.

در واقع، مراکزِ اتم‌هایی که در گوشه‌ی مکعب قرار دارند، روی گوشه‌های مکعب قرار می‌گیرد و وجوه مکعب نیز از میان اتم‌هایی که روی وجوه قرار دارند عبور می‌کند.

ب) با محاسبه‌ی کسری از هر اتم که در واقع درون سلول قرار دارد، محاسبه کنید در یک سلول واحد طلا چند اتم طلا موجود است.

پ) با توجه به اینکه اتم‌ها در راستای قطر وجوه بر یکدیگر مماس هستند، موارد زیر را برحسب شعاع اتم طلا، $r$، بیابید:

۱) طول ضلع سلول واحد ۲) حجم سلول واحد ۳) طول قطر مکعب

ت) حجم مولی طلا را برحسب $cm^{۳}.mol^{-۱}$ به دست آورید.

ث) با توجه به اینکه حجم کره برابر $\frac{۴}{۳}\pi r^{۳}$ است، کسری از حجم مکعب را که توسط اتم‌های طلا اشغال شده است، بیابید.

ج) با توجه به پاسخ قسمت قبل، شعاع اتم طلا را محاسبه کنید.

مقدار کمی از طلا را می‌توان با چکش‌کاری به یک ورقه‌ی طلا، برای پوشش دادن سطوح بسیار بزرگ، تبدیل کرد. بهترین نحوه‌ی قرارگیری لایه‌های اتم‌های طلا حالتی است که در هر قطر مکعب ۳ لایه وجود دارد و در واقع، قطر هر لایه به اندازه‌ی یک‌سوم قطر مکعب سلول واحد است.

چ) گنبد بزرگ طلایی قبة الصخرة، نیم‌کره‌ای به قطر ۲۱ متر است. شاه حسین، پادشاه اردن، ۸۰ کیلوگرم طلا برای پوشاندن قسمت خارجی گنبدِ این بنا هدیه داد.

*i)* اگر سطح یک کره از رابطه‌ی $۴\pi r^۲$ به دست آید، ضخامت متوسط طلای روی گنبد را (برحسب $cm$) محاسبه کنید.

*ii)* با توجه به آن، تعداد لایه‌های اتم‌های طلایی را که سطح گنبد را پوشانده‌اند، به دست آورید. «۲۰۱۰»

## ۱۳- کلسیم کربید

کلسیم کربید، $CaC_۲$، که به کلسیم اَستیلید نیز معروف است، در جهان، به خصوص در خاور دور، به مقدار زیادی تولید می‌شود.

از داده‌های زیر استفاده کنید تا به پرسش‌ها پاسخ دهید.

* کلسیم کربید از واکنش میان کلسیم اکسید و کُک (کربن) در دمای ۲۰۰۰درجه‌ی سانتی‌گراد تولید می‌شود. محصول جانبی این واکنش گاز سمی $A$ است که یک احیاگر است.

* کلسیم اکسیدِ استفاده شده در فرایندِ تولید شامل مقدار کمی کلسیم فسفات به عنوان ناخالصی است. در واکنش با کک، این ناخالصی واکنش می‌دهد و ترکیب $B$ (ترکیب یونی ساده میان کلسیم و فسفر) را به همراه گاز $A$ ایجاد می‌کند.

* کلسیم کربید با آب اضافی واکنش می‌دهد و گاز بی‌رنگ قابل اشتعال $C$ را به وجود می‌آورد. جامد سفیدی نیز تشکیل می‌شود که به میزان اندکی در آب محلول بوده و ایجاد یک محلول قلیایی بی‌رنگ می‌کند. گاز $C$، هیدروکربنی است که به مقدار ۹۲/۳٪ جرمی کربن دارد. جرم مولی $C$ نیز ۲۶ است.

* اضافه کردن کلسیم کربید به آب، باعث ایجاد بوی ناخوشایندی می‌شود. امروزه می‌دانیم که این بو ناشی از واکنش آب با ترکیب $B$ است.

الف) ساختار الکترون‌نقطه‌ای یون کربید را رسم کنید.

ب) دو گازِ دو اتمی را که با یون کربید ایزوالکترون است، نام ببرید.

پ) واکنش موازنه شده‌ای برای تشکیل کلسیم کربید و گاز $A$ از کلسیم اکسید و کک بنویسید.

ت) فرمول تجربی و مولکولی هیدروکربن $C$ را بنویسید.

ث) معادله‌ی موازنه شده‌ای برای واکنش میان کلسیم کربید و آب بنویسید.

ج) معادله‌ی موازنه شده‌ای برای واکنش میان کلسیم فسفات و کک، که گاز $A$ و ترکیب $B$ را ایجاد می‌کنند، بنویسید.

چ) مولکولی را که مسئول ایجاد بوی ناخوشایند از واکنش میان آب و ترکیب $B$ است، شناسایی کنید. «۲۰۱۱»

## ۱۴- اطلاعات عمومی شیمی

الف) عناصر زیر را به ترتیب کشف شدن مرتب کنید. (اتمی را که قدمت شناخته شدنش بیشتر است، در ابتدا قرار دهید.)

$S$ $Pu$ $P$ $O$ $Ar$

ب) مولکول‌های زیر را به ترتیب نقطه‌ی جوش مرتب کنید.

$H_۲O$ $C_۴H_{۱۰}$ $CH_۳CHO$ $HOCH_۲CH_۲OH$ $C_۲H_۵OH$ $C_۲H_۵OC_۲H_۵$

پ) فرمول شیمیایی ترکیبات زیر را بنویسید.

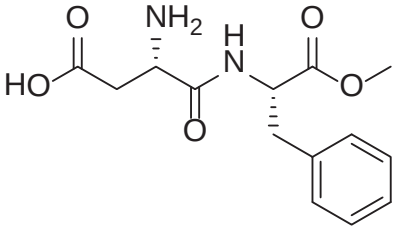
*i*) طلای احمق‌ها *ii*) زاج سرخ (نمک اپسوم *epsom*) *iii*) گاز خنده

ت) نام سیستماتیک ترکیبات زیر چیست؟

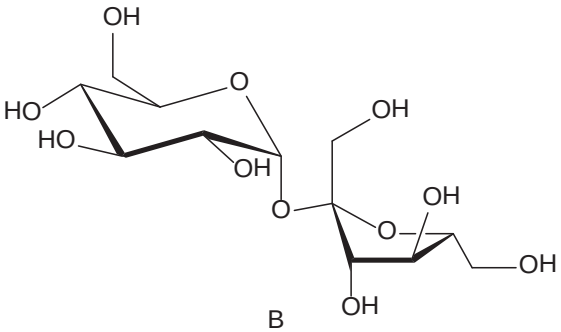
*i*) استون *ii*) تولوئن *iii*) سدیم هیپوکلریت

ث) هنگامی که اکسید روی حرارت داده می‌شود به چه رنگی در می‌آید؟

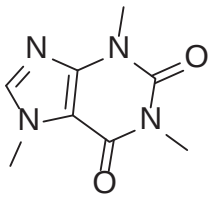
پ) به ساختارهای شیمیایی زیر توجه کنید. در هر کدام از پرسش‌های زیر، هر ترکیب تنها یک بار استفاده شده است.



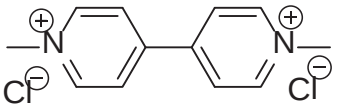

A



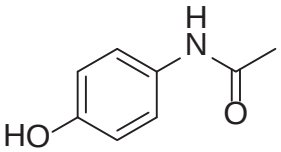

B




C




D




E

*i*) کدام یک محرک طبیعی‌ای است که در چای وجود دارد؟

*ii*) کدام یک را هنگامی که سردرد دارید به همراه یک لیوان چای مصرف می‌کنید؟

*iii*) کدام یک را برای شیرین کردن چای خود استفاده می‌کنید؟

*iv*) هنگامی که دیابت دارید، کدام یک را برای شیرین کردن چای خود استفاده می‌کنید؟

*v*) کدام یک از ترکیبات را هرگز به چای اضافه نمی‌کنید؟ «۲۰۱۲»

## ۱۵- دانش عمومی شیمی ترکیبات رنگی

شیمی‌دان‌ها بسیاری از ترکیبات را از روی رنگ آن‌ها شناسایی می‌کنند.

این سؤال میزان دانش شما را از رنگِ تعدادی از ترکیبات شیمیایی، که در مطالعه دروس با آن برخورد داشته‌اید، می‌سنجد.

الف) در زیر تعدادی رنگ مشخص شده‌اند. برای هر رنگ، اگر یکی از موارد زیر، آن رنگ را دارد، حرف مربوط به آن را در ردیف مربوطه بنویسید. اگر رنگ گفته شده توسط هیچ ماده‌ای به تنهایی تشکیل نمی‌شود، مقابل رنگ گفته شده، حرف دو ماده‌ای را بنویسید که هنگام مخلوط شدن، رنگ موردنظر را تولید می‌کنند. ممکن است که ترکیبی بیش از یک بار مورد استفاده قرار گیرد.

$A=CaCl_{2(s)}$ $B=CuO_{(s)}$ $C=Cu_2O_{(s)}$ $D=CuSO_{4(s)}$

$E=Al_2O_{3(s)}$ $F=FeSO_4.7H_2O_{(s)}$ $G=K_2Cr_2O_{7(s)}$

$H=NaOH_{(aq)}$ $I=VSO_4.7H_2O_{(s)}$ $J=ZnCl_{2(s)}$

| | | |
|---|---|---|
| قرمز | | |
| نارنجی | | |
| زرد | | |
| سبز | | |
| آبی | | |
| بنفش | | |

**ب)** دانش‌آموزی ۷ محلول آبی مجهول در اختیار داشت. هرکدام از محلول‌ها حاوی تنها یک ماده بود و تمام محلول‌ها نیز با یکدیگر متفاوت بودند. دانش‌آموز برای شناسایی هرکدام از مواد، آن‌ها را دو به دو با یکدیگر مخلوط کرد. نتیجه‌ی آزمایش‌های او در زیر نشان داده شده است. قسمت‌های مشخص شده با (-) به معنی عدم مشاهده‌ی نتیجه‌ی خاص است. از میان مواد زیر مشخص کنید که هر کدام از محلول‌های $T-Z$ به کدام یک از آن‌ها مرتبط است.

باریم کلرید　　گاز کلر حل شده(آب کلر)　　آهن $(II)$ سولفات　　سرب $(II)$ نیترات

نقره نیترات　　سدیم کربنات　　سدیم یدید

| | $T$ | $U$ | $V$ | $W$ | $X$ | $Y$ | $Z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T$ | | رسوب زرد کم‌رنگ | رسوب سفید | - | رسوب سفید | رسوب سفید | رسوب سفید |
| $U$ | رسوب زرد کم‌رنگ | | - | رسوب زرد | - | - | رسوب قهوه‌ای |
| $V$ | رسوب سفید | - | | رسوب سفید (تیره شونده در نور) | رسوب سفید | رسوب سفید | - |
| $W$ | - | رسوب زرد | رسوب سفید (تیره شونده در نور) | | رسوب کرم‌رنگ | رسوب سفید | رسوب سفید (تیره شونده در نور) |
| $X$ | رسوب سفید | - | رسوب سفید | رسوب کرم‌رنگ | | رسوب سبز لجنی (به مرور قهوه‌ای می‌شود) | - |
| $Y$ | رسوب سفید | - | رسوب سفید | رسوب سفید | رسوب سبز لجنی (به مرور قهوه‌ای می‌شود) | | محلول زرد روشن |
| $Z$ | رسوب سفید | محلول قهوه‌ای | - | رسوب سفید (تیره شونده در نور) | - | محلول زرد روشن | |

## ۱۶- کنترل سطح فسفات

با اینکه وجود ترکیبات فسفری در رژیم غذایی ما ضروری است، اما وجود مقادیر زیاد فسفات در خون خطرناک است. یکی از داروهایی که برای درمان ازدیاد فسفات در خون استفاده می‌شود $Fosrenol^{®}$ است که جزء فعال آن لانتانیوم $(III)$ کربنات است.

هنگامی که قرصِ جویده شده‌ی آن بلعیده می‌شود، ابتدا کربنات با هیدروکلریک اسیدِ موجود در معده واکنش می‌دهد. سپس یون‌های لانتانیوم $(III)$ با یون‌های فسفاتِ موجود واکنش داده و رسوب بسیار نامحلولی می‌دهد. تمام ترکیبات لانتانیوم در این سؤال عدد اکسایش $III+$ دارند.

الف) $i$) معادله‌ای برای واکنش میان لانتانیوم کربنات و هیدروکلریک اسید بنویسید.

$ii$) معادله‌ی یونی تشکیل لانتانیوم فسفات را بنویسید.

لانتانیوم $(III)$ کربنات را می‌توان به سادگی از مخلوط کردن محلول‌های لانتانیوم $(III)$ نیترات و سدیم کربنات به دست آورد.

ب) معادله‌ی موازنه شده این واکنش را بنویسید.

لانتانیوم کربناتِ تولید شده به روش گفته شده در بالا، هشت آبه است. اولین نمونه‌ی بدون آب خالص لانتانیوم کربنات از طریق حل کردن لانتانیوم اکسید در محلول آبی تری‌کلرواتانوییک اسید برای تولید لانتانیوم تری‌کلرواتانوات تولید شد. سپس محلول حاصل برای ۶ ساعت حرارت داده شد تا کربنات موردنظر همراه تری کلرومتان و کربن دی‌اکسید تولید شود.

پ) $i$) ساختار تری‌کلرواتانوییک اسید را رسم کنید.

$ii$) معادله‌ی واکنش میان لانتانیوم اکسید و تری کلرواتانوییک اسید را بنویسید.

$iii$) معادله‌ی تشکیل لانتانیوم کربنات را بنویسید.

لانتانیوم کربنات موجود در $Fosrenol^{®}$ از طریق مخلوط کردن محلول‌های آبی لانتانیوم کلرید و آمونیوم هیدروژن‌کربنات تولید می‌شود که همراه با آزاد شدن گاز کربن دی‌اکسید است.

ت) معادله‌ای برای این واکنش بنویسید.

$Fosrenol^{®}$ به صورت قرص‌های ۱۰۰۰، ۷۵۰ و ۵۰۰ میلی‌گرمی به فروش می‌رسد که این جرم‌ها نشان‌دهنده‌ی جرم یون‌های لانتانیوم موجود در قرص است.

ث) جرم لانتانیوم کربنات دو آبه‌ی موجود در یک قرص $1000mg$ را محاسبه کنید.

ج) چه جرمی از فسفات یک فرد، پس از مصرف یک قرص $1000mg$ از بین خواهد رفت؟ «۲۰۱۴»

## ۱۷- شیمی صفحات لمسی

در سال‌های اخیر، موجی از تقاضا برای ایندیوم به منظور تهیه‌ی صفحات لمسی ایجاد شده است. این عنصر، مقداری کمیاب بوده و بهای آن به شدت بالا رفته است. نگرانی‌هایی از این بابت وجود دارد که برداشت‌های جهانی این فلز باعث اتمام منابع آن شود. بیشترین کاربرد آن، به صورت ایندیوم قلع اکسید $(ITO)$ در شیشه‌های شفاف رسانا است.

الف) ایندیوم $(III)$ اکسید را می‌توان از گرم کردن ایندیوم $(III)$ هیدروکسید به دست آورد. معادله‌ی موازنه شده‌ای برای این واکنش بنویسید.

شیشه‌های $ITO$ حاوی ۹۰٪ ایندیوم $(III)$اکسید و ۱۰٪ قلع $(IV)$اکسید (درصد جرمی) هستند. هر دستگاه $iPad$ دارای نزدیک $27mg$ از شیشه‌ی $ITO$ در صفحه‌ی لمسی خود است.

ب) $i$) جرم ایندیوم موجود به صورت $ITO$ را در صفحه‌ی لمسی یک $iPad$ به دست آورید.

$ii$) در هر متر مربع از صفحه، نزدیک $700mg$ محتوای ایندیومی به صورت شیشه‌های $ITO$ به کار می‌رود. با نگاه به این که چگالی شیشه‌های $ITO$ نزدیک $7/15\,g.cm^{-3}$ است، ضخامت شیشه $ITO$ یک صفحه لمسی را به دست آورید.

ایندیوم $(III)$اکسید می‌تواند ساختار مکعبی بیکس - بایت $(bixbyite)$به خود بگیرد. جایگاه یون‌های ایندیوم در هر سلول واحد تقریباً به صورت مکعبی مرکز وجوه پر $(fcc)$است. سلول واحد، ساده‌ترین واحد تکرار شونده‌ای است که دارای تمام تقارن موجود در کریستال است.در ساختار $fcc$ ، یون‌ها در گوشه‌های مکعب و مراکز وجه‌ها قرار دارند.

پ) چه تعداد یون ایندیوم در یک سلول وجود دارد؟ شما نیاز دارید تا اشغال نسبی هر یون را در ساختار مکعبی به دست آورید.

ت) یون‌های اکسید موقعیت‌هایی را اشغال می‌کنند که به طور کامل داخل مکعب قرار دارد. محاسبه کنید چه تعداد یون اکسید در یک سلول واحد وجود دارد.

ث) هنگامی که ایندیوم $(III)$اکسید تا $700^{\circ}C$ در هوا گرم می‌شود، جرم آن ۱۱/۵٪ کاهش می‌یابد. فرمول ترکیب تشکیل شده را بنویسید.

ج) هنگامی که ایندیوم $(III)$اکسید با آمونیاک در $630^{\circ}C$ گرم می‌شود، محصولات آن، آب و یک نیمه‌رسانا است. فرمولی برای این نیمه‌رسانا پیشنهاد کنید. «۲۰۱۵»

## ۱۸- شیمی تنگستن

شیمیِ فلزِ واسطه‌ی تنگستن شباهت خاصی به عنصر گوگرد در گروه اصلی دارد؛ چون هر دوی آن‌ها شش الکترون در لایه‌ی ظرفیت خود دارند. هر دو عنصر، در ترکیب با عناصر الکترونگاتیو مانند فلوئور و اکسیژن به بیشینه‌ی عدد اکسایش خود $(+VI)$ دست می‌یابند.

در حالی‌که تنگستن $(VI)$فلوئورید در صنعت نیمه‌رسانا استفاده می‌شود، اکسید آن در شیشه‌های الکتروکرومیک استفاده می‌شود. زمانی که ولتاژ الکتریکی به این شیشه‌ها اعمال شود، رنگ آن‌ها تغییر می‌کند.

تنگستن در طبیعت بیشتر به صورت آنیون تنگستات، $WO_4^{2-}$، همرده سولفات، $SO_4^{2-}$، وجود دارد. کانه‌ی عمومی آن شیلیت ( $Scheelite$)، حاوی کلسیم تنگستات $CaWO_4$ است.

الف) ساختار یون $WO_4^{2-}$را رسم کنید و مقدار زاویه پیوند $O-W-O$ را بنویسید.

واکنش شیلیت با محلول آبی سدیم کربنات، محلول سدیم تنگستات و رسوب سفیدرنگ انحلال‌ناپذیر تولید می‌کند. افزودن هیدروکلریک اسید به محلول آبی سدیم تنگستات، تنگستیک اسید را تولید می‌کند که در اثر حرارت، تنگستن $(VI)$ اکسید تولید می‌شود. به وسیله‌ی کاهش این ترکیب با هیدروژن می‌توان به تنگستن خالص دست یافت.

ب) $i$) معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش میان شیلیت و محلول سدیم کربنات را بنویسید.

*ii)* معادله‌ی موازنه شده‌ی واکنش میان محلول سدیم تنگستات با هیدروکلریک اسید را بنویسید و ساختاری برای تنگستیک اسید پیشنهاد دهید.

*iii)* معادله‌ی موازنه شده‌ای برای تشکیل تنگستن *(VI)* اکسید از تنگستیک اسید بنویسید.

*iv)* معادله‌ای برای تشکیل فلز تنگستن بنویسید.

در پنجره‌های الکتروکرومیک، ولتاژ به میان لایه‌ی شفاف تنگستن *(VI)* اکسید و منبعی از یون‌ها، مانند یک نمک لیتیم، اعمال می‌شود و واکنش زیر، در حالی‌که تعدادی از یون‌های لیتیم در ساختار اکسید شرکت می‌کنند، رخ می‌دهد.

$$WO_3 + xLi^+ + xe^- \rightarrow Li_xWO_3$$

محصول، $Li_xWO_3$ ، به «برنز تنگستن» معروف است و رنگ آن به مقدار $x$ بستگی دارد. مقدار $x$ بین ۰ تا ۱ متغیر است؛ معمولاً مقدار $x=0/3$ است که منجر به ایجاد رنگ آبی - مشکی می‌شود.

پ) *i)* عدد اکسایش تنگستن را زمانی که $x=1$ باشد، محاسبه کنید.

*ii)* میانگین عدد اکسایش تنگستن را زمانی که $x=0/3$ باشد، محاسبه کنید.

هر دو عنصر گوگرد و تنگستن با گاز فلوئور واکنش داده و هگزافلوئوریدها را تشکیل می‌دهند. $SF_6$ و $WF_6$ هر دو در دما و فشار اتاق به صورت گاز هستند، $WF_6$ چگال‌ترین گاز شناخته شده در این شرایط است. $WF_6$ بی‌نهایت سمی است؛ چون سریعاً با آب واکنش داده و دو محصول به وجود می‌آورد. در مقابل، $SF_6$ در آب بی‌اثر و غیرسمی است.

ت) با فرض اینکه هوا فقط از گاز نیتروژن تشکیل شده باشد، چگالی $SF_6$ و $WF_6$ را نسبت به هوا محاسبه کنید.

ث) چگالی دقیق $WF_6$ را در دمای $298K$ و فشار استاندارد برحسب $g.cm^{-3}$ محاسبه کنید.

ج) معادله‌ی واکنش میان $WF_6$ و آب را بنویسید.

واکنش زیر را، که در فاز گازی انجام می‌شود، در نظر بگیرید:

$$SF_{6(g)} + 4H_2O_{(g)} \rightarrow H_2SO_{4(g)} + 6HF_{(g)}$$

چ) *i)* انتظار دارید تغییر آنتروپی استاندارد این واکنش مثبت باشد یا منفی؟

*ii)* با نگاه به داده‌های زیر، تغییر آنتالپی استاندارد این واکنش را به‌دست آورید.

| | $SF_{6(g)}$ | $H_2O_{(g)}$ | $H_2SO_{4(g)}$ | $HF_{(g)}$ |
|---|---|---|---|---|
| $\Delta_f H^\circ / kJ\ mol^{-1}$ | −۱۲۱۰ | −۲۴۲ | −۷۳۵ | −۲۷۳ |

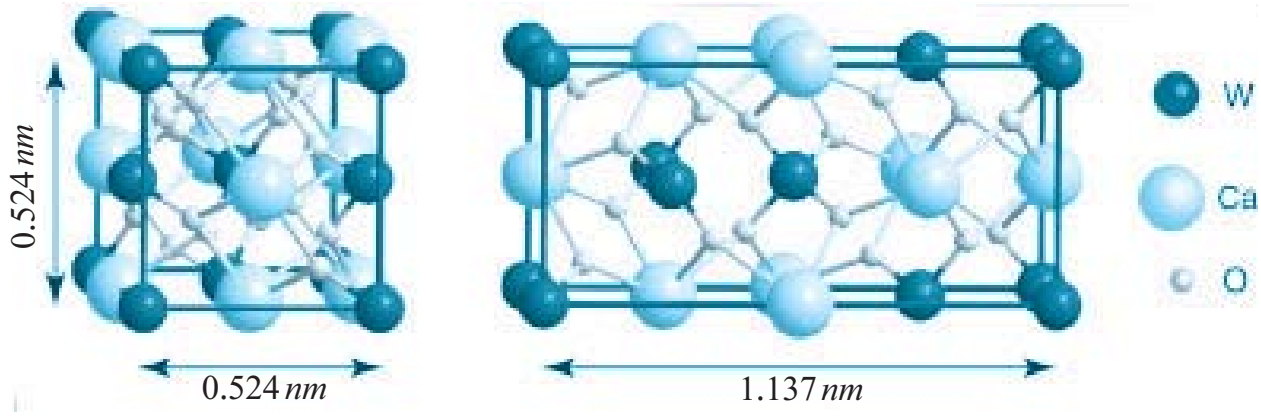
*iii)* کدام یک از گزاره‌های زیر درباره‌ی واکنش میان $SF_6$ و آب درست است؟

الف) ترکیب $SF_6$ از لحاظ سینتیکی پایدار و از نظر ترمودینامیکی پایدار است.

ب) ترکیب $SF_6$ از لحاظ سینتیکی پایدار و از نظر ترمودینامیکی ناپایدار است.

پ) ترکیب $SF_6$ از لحاظ سینتیکی ناپایدار و از نظر ترمودینامیکی پایدار است.

ت) ترکیب $SF_6$ از لحاظ سینتیکی ناپایدار و از نظر ترمودینامیکی ناپایدار است.




دو نما از سلول واحد شیلیت $CaWO_4$، $(scheelite)$

ابعاد سلول: ۰/۵۲۴×۰/۵۲۴ ×۱/۱۳۷ $nm$

نمای راست از چرخش ۹۰درجه نمای چپ به دست آمده است.

واژه‌ی «تنگستن» یک نام قدیمی سوئدی برای کانی شیلیت است که به معنای سنگ $(sten)$سنگین $(tung)$است؛ زیرا کانی شیلیت از سنگ‌هایی که به‌طور معمول یافت می‌شوند، سنگین‌تر است.

ساختار سلول واحد شیلیت به شکل بالا است. این ساختار با استفاده از کریستالوگرافی اشعه $x$ به دست آمده است و نحوه‌ی آرایش اتم‌های تشکیل‌دهنده‌ی ساختار اصلی را، هنگام کنار هم قرار گرفتن این سلول‌ها، نشان می‌دهد. برخی از اتم‌ها کاملاً درون مرزهای سلول واحد قرار دارند، در حالی که تنها بخشی از برخی اتم‌ها که در گوشه‌ها، روی اضلاع و وجوه قرار دارند به یک سلول واحد تعلق دارد.

ح) با در نظر گرفتن بخشی از اتم‌ها که به یک سلول واحد تعلق دارد، تعداد اتم‌های تنگستن، کلسیم و اکسیژن را که در یک سلول واحد قرار دارد، به دست آورید.

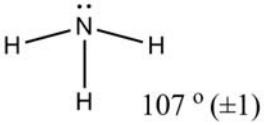
خ) با نگاه به پاسخ بخش(ح) و ابعاد سلول واحد، چگالی شیلیت را برحسب $g.cm^{-3}$ به دست آورید. «۲۰۱۶»

۱

# پاسخ شیمی معدنی

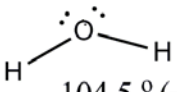
**۱.** (۱ امتیاز برای هر شکل صحیح)

الف)



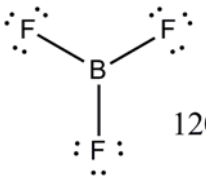

$107^{o}(\pm 1)$

ب)



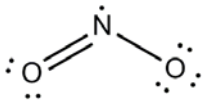

$104.5^{o}(\pm 1)$

پ)



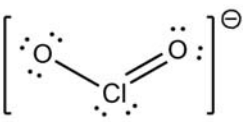

$120^{o}$

ت)




$134^{o}(140\pm 20^{0})$

ث)




$110^{o}(\pm 5)$

**۲.** (هر بخش ۱ امتیاز) (از چپ به راست)

الف) $Na\ ,\ S_{8}\ ,\ Al\ ,Si$

ب) $H_{2}\ ,CH_{4}\ ,NH_{3},LiH$

پ) $Mg\ ,Na\ ,Ca\ ,K$

ت) $Mg^{2+}\ ,Na^{+}\ ,F^{-}\ ,Cl^{-}$

ث) $K,\ Na\ ,Cl\ ,F$

ج) $Si\ \ ,\ S\ ,P\ ,Cl$

چ) $Br_{2}\ ,Cl_{2}\ ,O_{2}\ ,N_{2}$

ح) $XeF_{4}\ ,OF_{2}\ ,SiF_{4}\ ,BF_{3}$

خ) $CH_{3}F\ ,CH_{3}Cl\ ,CH_{3}Br\ ,CH_{3}I$

د) $SO_{3}\ ,SO_{2}\ ,NaCl\ ,Na_{2}O$

**۳.** الف) $Sb_2O_3$ (۲ امتیاز)

ب) ۷۴/۵ حبه (۲ امتیاز)

پ) $a = 0/41$، جرم روی واکنش نداده = ۳۵ حبه

جرم $ZnO$ تشکیل شده = ۳۰ حبه (۴ امتیاز)

**٤.** الف) (۱ امتیاز)

$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6 3d^{10}\ 4s^2\ 4p^6$

$4d^{10}\ 4f^{14}\ 5s^2\ 5p^6\ 5d^{10}\ 6s^2\ 6p^4$

ب) $^{206}_{82}Pb$ (۱ امتیاز)

پ) $\frac{W}{g}$ ۲۲/۵ (۲ امتیاز)

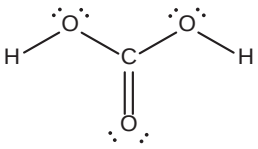
ت) ۸۵ سال (۲ امتیاز)

ث) ۱۶۸ $pm$ (۳ امتیاز)

**۵.** الف)

$i)\ CaCO_3 + 2HCl \rightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$
$+H_2O + CO_2$ (۱ امتیاز)

$ii)$ (۱ امتیاز)



ب)

$i)\ HCOOH + H_2SO_4 \rightarrow CO + H_2O$
$+H_2SO_4$ (۱ امتیاز)

$[HCOOH + H_2SO_4 \rightarrow CO + H_3O^+ + HSO_4^-]$

$ii)$ : $C \equiv O$ : (۱ امتیاز)

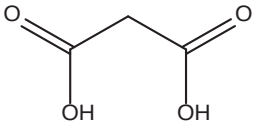
$iii)$ سه گانه (۱ امتیاز)

پ) (۱ امتیاز)

$Pd^{2+} + CO + H_2O \rightarrow CO_2 + Pd + 2H^+$

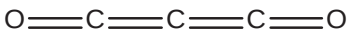
ت) (۲ امتیاز)

$i)$

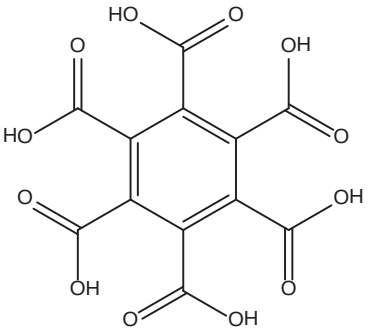


$C_3H_4O_4 \rightarrow 2H_2O + C_3O_2$

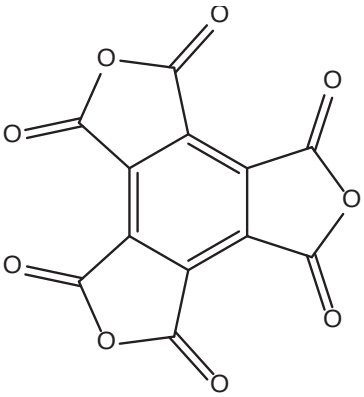
$ii)$ (۱ امتیاز)



ث) بنزن هگزاکربوکسیلیک اسید

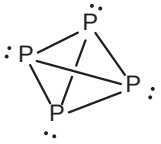


$C_{12}O_9$



**۶.**

الف) (۱ متیاز)



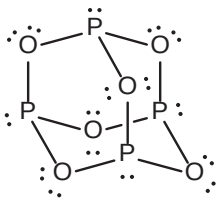
ب) ۶ (۱ امتیاز)

پ) (هر کدام ۱ امتیاز)

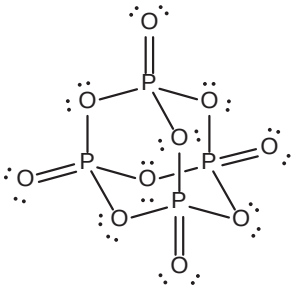
$P_4 + 3O_2 \longrightarrow P_4O_6$

$P_4 + 5O_2 \longrightarrow P_4O_{10}$

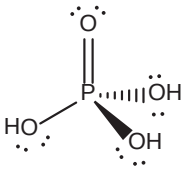
ت) (۱ امتیاز)



ث) (۱ امتیاز)



ج) (۱ امتیاز)



چ) (۱ امتیاز)

$$P_4O_{10} + 6H_2O \rightarrow 4H_3PO_4$$

ح) ۶ (۱ امتیاز)

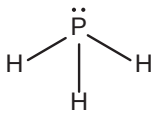
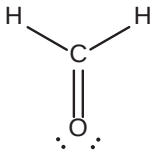
خ) رأس= ۱۲، یال=۲۴ (۲ امتیاز)

د) مولیبدن=۱۲، اکسیژن=۴۰ (۳ امتیاز)

ذ) بار کل=۳-، فرمول کلی: $(NH_4)_3Mo_{12}O_{40}P$

(۲ امتیاز)

**۷.**

الف) هرمی  مسطح 

(۲ امتیاز)

ب) ۲ به نسبت ۱:۲ (۲ امتیاز)

پ) الکل (۱ امتیاز)

ت) ۸ (۱ امتیاز)

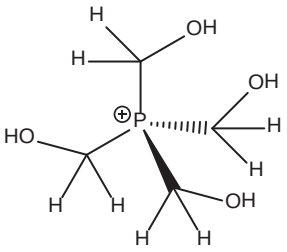
ث) $i$) $CH_2O$ (۱ امتیاز)

$ii$) $C_4H_{12}O_4P^+$ (۱ امتیاز)

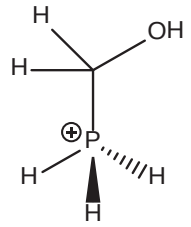
$iii$) ۱۵۹ (۱ امتیاز)

ج) (۲ امتیاز)

$i$) ساختار $X^+$



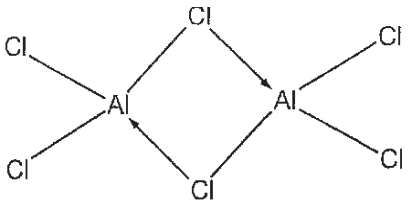
$ii$) ساختار $\frac{m}{z} = ۶۵$



**۸.** الف) ۶ (۱ امتیاز)

ب) $i$) $Al_2Cl_6$ (۱ امتیاز)

$ii$) (۲ امتیاز)



$iii$) ۸ (۱ امتیاز)

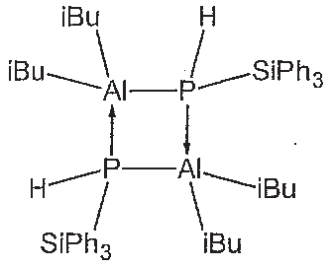
پ)

$$AlP + 3H_2O \rightarrow Al(OH)_3 + PH_3 \quad \text{یا}$$

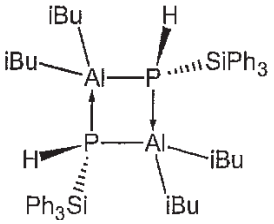
$$2AlP + 3H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 2PH_3 \quad \text{(۱ امتیاز)}$$

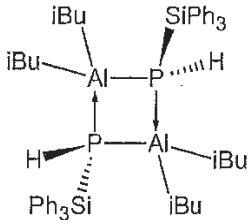
ت) ۶ (۱ امتیاز)

ث) $i$) (۱ امتیاز)

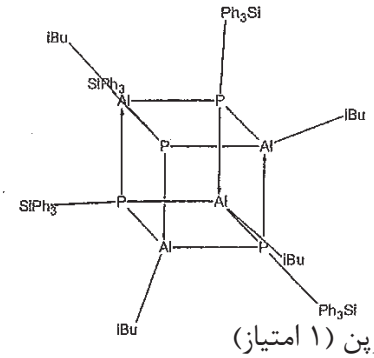


$ii)$ (۲ امتیاز)




ج) (۳ امتیاز)



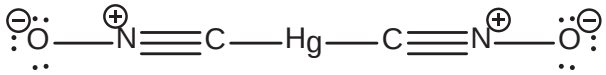

چ) متیل پروپن (۱ امتیاز)

**۹.** الف)

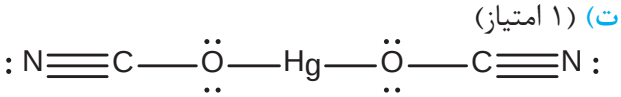
$Hg(CNO)_2 \rightarrow Hg + N_2 + 2CO$ (۱ امتیاز)

ب) (۲ امتیاز) $-608\ kJ\ mol^{-1}$

پ) (۱ امتیاز)

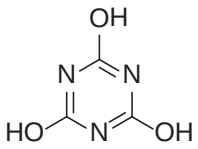



ت) (۱ امتیاز)

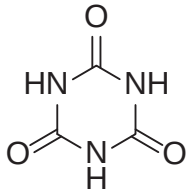



ث) (۲ امتیاز)

ساختار آروماتیک:




ساختار غیرآروماتیک:




**۱۰.** الف)

$i)\ P_4S_3 + 8O_2 \rightarrow P_4O_{10} + 3SO_2$ (۱ امتیاز)

$ii)\ 2KIO_3 \rightarrow 2KCl + 3O_2$ (۱ امتیاز)

$iii)\ 3P_4S_3 + 16KClO_3 \rightarrow 3P_4O_{10} + 9SO_2 + 16KCl$ (۱ امتیاز)

$iv)\ 2/97 : 1$ (۱ امتیاز)

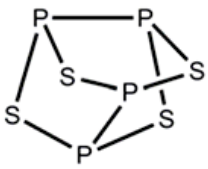
$v)\ -11700\ \frac{kJ}{mol}$ (۲ امتیاز)

ب) $i)$ ۳ (۱ امتیاز)

$ii)$ ۴ (۱ امتیاز)

$iii)$ ۳ (۱ امتیاز)

پ) (۲ امتیاز)




**۱۱.** الف) $i)$ آروماتیک است، پیوندهای داخل حلقه مزدوج است، پیوندهای دوگانه و یگانه یکی در میان است، الکترون‌ها در حلقه غیر مستقرند، بسیار شبیه به بنزن (۱ امتیاز)

$ii)$ ۳ (۱ امتیاز)

$iii)$ (۱ امتیاز)

$2C_2H_6N_8 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O + 8N_2$

ب) $i)\ 19^\circ 28'$ (۱ امتیاز)

$ii)\ C_8N_8O_{16} \rightarrow 8CO_2 + 4N_2$ (۱ امتیاز)

پ) (۲ امتیاز)

$4C_6H_7N_3O_{11} + 9O_2 \rightarrow 24CO_2 + 14H_2O + 6N_2$

**۱۲.**

الف) $3/27 \times 10^{-22}\ g$ (۱ امتیاز)

ب) ۴ (۱ امتیاز)

پ) $i)\ 2\sqrt{2}\,r$ (۱ امتیاز)

$ii)\ ۱۶\sqrt{۲}r^{۳}$ (۱ امتیاز)

$iii)\ ۲\sqrt{۶}r$ (۱ امتیاز)

ت) $۱۰/۲ cm^{۳} mol^{-۱}$ (۱ امتیاز)

ث) $۰/۷۴$ (۱ امتیاز)

ج) $۱/۴۴ \times ۱۰^{-۸} cm$ (۱ امتیاز)

چ) $i)\ ۶/۰ \times ۱۰^{-۴} cm$ (۱ امتیاز)

$ii)\ ۲/۵ \times ۱۰^{۴}$ (۱ امتیاز)

**۱۳.** الف) $\left[:C \equiv C:\right]^{-}$ (۲ امتیاز)

ب) $N_۲ , CO$ (۲ امتیاز)

پ) $CaO + ۳C \rightarrow CaC_۲ + CO$ (۱ امتیاز)

ت) فرمول تجربی : $CH$

فرمول ملکولی : $C_۲H_۲$ (۲ امتیاز)

ث) $CaC_۲ + ۲H_۲O \rightarrow Ca(OH)_۲ + C_۲H_۲$ (۱ امتیاز)

ج) $Ca_۳(PO_۴)_۲ + ۸C \rightarrow ۸CO + Ca_۳P_۲$ (۲ امتیاز)

چ) $PH_۳$ یا $P_۲H_۴$ (۱ امتیاز)

**۱۴.** الف) $S , P , O , Ar , Pu$ (۲ نمره)

ب) (۲ نمره)

| $C_۲H_۵OC_۲H_۵$ | $C_۲H_۵OH$ | $HOCH_۲CH_۲OH$ |
|---|---|---|
| ۳ | ۴ | ۶ |

| $CH_۳CHO$ | $C_۴H_{۱۰}$ | $H_۲O$ |
|---|---|---|
| ۲ | ۱ | ۵ |

پ)

$i)\ FeS_۲$ (۲ امتیاز)

$ii)\ MgSO_۴ . ۷H_۲O$ یا $MgSO_۴$ (۱ امتیاز)

$iii)\ N_۲O$ (۱ امتیاز)

ت) (هر کدام ۱ امتیاز)

$i)$ پروپانون $ii)$ متیل بنزن

$iii)$ سدیم اکسیدوکلرات (۱-) یا سدیم کلریدواکسیژات (۱-) (جدیدتر)

ث) از سفید به زرد (۱ امتیاز)

ج) (هر کدام ۱ امتیاز)

$D(v \quad A(iv \quad B\ (iii \quad E\ (ii \quad C(i$

**۱۵.** الف) (۳ امتیاز)

| | | |
|---|---|---|
| | C | قرمز |
| | G | نارنجی |
| H | G | زرد |
| | F | سبز |
| H | D | آبی |
| | I | بنفش |

ب) (۶ امتیاز)

| | |
|---|---|
| T | سرب (II) نیترات |
| U | سدیم یدید |
| V | باریم کلرید |
| W | نقره نیترات |
| X | سدیم کربنات |
| Y | آهن (II) سولفات |
| Z | آب کلر/ گاز کلر حل شده |

**۱۶.** الف)

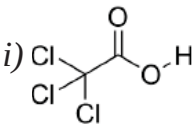
$i)\ La_۲(CO_۳)_۳ + ۶HCl \rightarrow ۲LaCl_۳ + ۳H_۲O + ۳CO_۲$ (۱ امتیاز)

$ii)\ La^{۳+} + PO_۴^{۳-} \rightarrow LaPO_۴$ (۱ امتیاز)

ب)

$۲La(NO_۳)_۳ + ۳Na_۲CO_۳ \rightarrow La_۲(CO_۳)_۳ + ۶NaNO_۳$ (۱ امتیاز)

پ)



$i)$ (۱ امتیاز)

$ii)\ La_۲O_۳ + ۶CCl_۳CO_۲H \rightarrow ۲La(CCl_۳CO_۲)_۳ + ۳H_۲O$ (۱ امتیاز)

$iii)\ ۲La(CCl_۳CO_۲)_۳ + ۳H_۲O \rightarrow La_۲(CO_۳)_۳ + ۶CHCl_۳ + ۳CO_۲$ (۱ امتیاز)

ت) (۱ امتیاز)

$۲LaCl_۳ + ۶NH_۴HCO_۳ \rightarrow La_۲(CO_۳)_۳ + ۶NH_۴Cl + ۳CO_۲ + ۳H_۲O$

ث) $۱۷۸۰\ mg$ (۱ امتیاز)

ج) $۶۸۴\ mg$ (۱ امتیاز)

**۱۷.** الف)

$۲In(OH)_۳ \rightarrow In_۲O_۳ + ۳H_۲O$ (۱ امتیاز)

ب)

$i)\ ۲۰ / ۱\ mg$ (۱ امتیاز)

$ii)\ ۰ / ۱۳۲\ \mu m$ (۲ امتیاز)

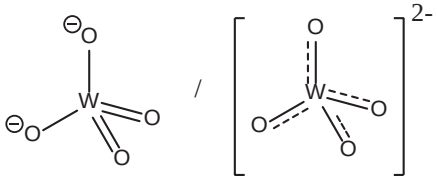
پ) ۴ (۱ امتیاز)

ت) ۶ (۱ امتیاز)

ث) $In_۲O$ (۲ امتیاز)

ج) $InN$ (۱ امتیاز)

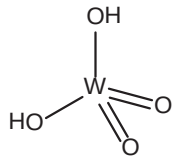
**۱۸.** الف) **زاویه پیوندی** $۱۰۹ / ۵^\circ$: (۱ امتیاز)



ب)

$i)\ CaWO_۴ + Na_۲CO_۳ \rightarrow CaCO_۳ + Na_۲WO_۴$ (۱ امتیاز)

$ii)\ Na_۲WO_۴ + ۲HCl \rightarrow H_۲WO_۴ + ۲NaCl$ (۲ امتیاز)



$iii)\ H_۲WO_۴ \rightarrow WO_۳ + H_۲O$ (۱ امتیاز)

$iv)\ WO_۳ + ۳H_۲ \rightarrow W + ۳H_۲O$ (۱ امتیاز)

پ) $i) + ۵$ (۱ امتیاز)

$ii) + ۵ / ۷$ (۱ امتیاز)

ت) به ترتیب ۲۱ / ۵ , ۶۳ / ۱۰ (۲ امتیاز)

ث) $۰ / ۰۱۲\ \frac{g}{cm^۳}$ (۲ امتیاز)

ج) $WF_۶ + ۴H_۲O \rightarrow H_۲WO_۴ + ۶HF$

یا $WF_۶ + ۳H_۲O \rightarrow WO_۳ + ۶HF$ (۱ امتیاز)

چ) $i)$ مثبت (۱ امتیاز)

$ii)\ -۱۹۵\ \frac{kJ}{mol}$ (۱ امتیاز)

$iii)$ ب (۱ امتیاز)

ح) ۴ اتم تنگستن، ۴ اتم کلسیم، ۱۶ اتم اکسیژن (۳ امتیاز)

خ) $۶ / ۱۳\ \frac{g}{cm^۳}$ (۳ امتیاز)